

10/539069  
Rec'd PCT/PTO 15 JUN 2005

PCT/JP03/15660

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

08. 1. 2004

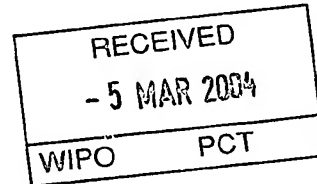
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日                      2 0 0 2 年 1 2 月 1 7 日  
Date of Application:

出 願 番 号                      特 願 2 0 0 2 - 3 6 5 6 3 1  
Application Number:  
[ST. 10/C]:                      [ J P 2 0 0 2 - 3 6 5 6 3 1 ]

出 願 人                      トヨタ自動車株式会社  
Applicant(s):

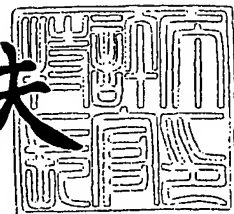


PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2 0 0 4 年    2 月 1 9 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 1024833

【提出日】 平成14年12月17日

【あて先】 特許庁長官 太田 信一郎 殿

【国際特許分類】 F02D 45/00  
F02M 25/07

【発明の名称】 内燃機関の排気ガス再循環ガス量算出装置

【請求項の数】 16

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町 1 番地 トヨタ自動車株式会社内

【氏名】 武藤 晴文

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町 1 番地 トヨタ自動車株式会社内

【氏名】 小林 大介

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県豊田市豊栄町 2 丁目 8 8 番地 株式会社トヨタテ  
クノサービス内

【氏名】 井戸 雄一郎

【特許出願人】

【識別番号】 000003207

【氏名又は名称】 トヨタ自動車株式会社

【代理人】

【識別番号】 100077517

【弁理士】

【氏名又は名称】 石田 敬

【電話番号】 03-5470-1900

【選任した代理人】

【識別番号】 100092624

【弁理士】

【氏名又は名称】 鶴田 準一

【選任した代理人】

【識別番号】 100082898

【弁理士】

【氏名又は名称】 西山 雅也

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008268

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0211566

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 内燃機関の排気ガス再循環ガス量算出装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 スロットル弁下流の吸気管と排気管とを排気ガス再循環通路を介し互いに接続すると共に、該排気ガス再循環通路内を流通する排気ガス再循環ガスの量を制御する排気ガス再循環制御弁を該排気ガス再循環通路内に配置した内燃機関において、筒内に充填された新気量である筒内充填新気量であって、定常運転時でかつ排気ガス再循環ガスが供給されていないときの筒内充填新気量と、定常運転時でかつ排気ガス再循環ガスが供給されているときの筒内充填新気量との差を、スロットル弁下流の吸気管内の圧力である吸気管圧力の関数式により表すと共に、該関数式を予め求めて記憶しておく手段と、吸気管圧力を求める手段と、該求められた吸気管圧力から前記関数式を用いて前記差を算出すると共に、排気ガス再循環制御弁が開弁しているときに該排気ガス再循環制御弁を通過する排気ガス再循環ガスの量である排気ガス再循環制御弁通過ガス量を該差に基づいて算出する手段と、を具備した排気ガス再循環ガス量算出装置。

【請求項 2】 定常運転時における吸気管圧力を求めると共に、該求められた定常運転時における吸気管圧力から前記関数式を用いて前記差を算出すると共に、定常運転時に筒内に充填された排気ガス再循環ガスの量を該差に基づいて算出するようにした請求項 1 に記載の内燃機関の排気ガス再循環ガス量算出装置。

【請求項 3】 定常運転時でかつ排気ガス再循環ガスが供給されていないときの筒内充填新気量を吸気管圧力の関数式である第 1 の関数式により表すと共に該第 1 の関数式を予め求めて記憶しておき、定常運転時でかつ排気ガス再循環ガスが供給されているときの筒内充填新気量を吸気管圧力の関数式である第 2 の関数式により表すと共に該第 2 の関数式を予め求めて記憶しておき、前記求められた吸気管圧力から前記第 1 及び第 2 の関数式を用いてそれぞれ筒内充填新気量を算出すると共にこれら算出された筒内充填新気量の差を算出し、前記排気ガス再循環制御弁通過ガス量を該差に基づいて算出するようにした請求項 1 に記載の内燃機関の排気ガス再循環ガス量算出装置。

【請求項 4】 互いに異なる複数の排気ガス再循環制御弁開度に対し、それ

それぞれ前記関数式が予め求められて記憶されており、排気ガス再循環制御弁開度を求め、該求められた排気ガス再循環制御弁開度に応じて定まる関数式を用いて前記差を算出するようにした請求項 1 に記載の内燃機関の排気ガス再循環ガス量算出装置。

【請求項 5】 互いに異なる複数の機関回転数に対し、それぞれ前記関数式が予め求められて記憶されており、機関回転数を求め、該求められた機関回転数に応じて定まる関数式を用いて前記差を算出するようにした請求項 1 に記載の内燃機関の排気ガス再循環ガス量算出装置。

【請求項 6】 前記関数式が、勾配が互いに異なりかつ接続点において連続している二つの一次関数式からなる請求項 1 に記載の内燃機関の排気ガス再循環ガス量算出装置。

【請求項 7】 前記第 1 及び第 2 の関数式がそれぞれ、勾配が互いに異なりかつ接続点において連続している二つの一次関数式からなる請求項 3 に記載の内燃機関の排気ガス再循環ガス量算出装置。

【請求項 8】 スロットル弁下流の吸気管内における空気流れを制御するための吸気制御弁が設けられており、互いに異なる複数の吸気制御弁開度に対し、それぞれ前記関数式が予め求められて記憶されており、吸気制御弁開度を求め、該求められた吸気制御弁開度に応じて定まる関数式を用いて前記差を算出するようにした請求項 1 に記載の内燃機関の排気ガス再循環ガス量算出装置。

【請求項 9】 前記関数式が、機関周囲環境状態が予め定められた基準環境状態であるときの前記差を表しており、機関周囲環境状態を代表する代表値を求め、前記関数式により算出された前記差又は前記排気ガス再循環制御弁通過ガスを該代表値に基づいて補正するようにした請求項 1 に記載の内燃機関の排気ガス再循環ガス量算出装置。

【請求項 10】 機関冷却水温を求め、前記差又は前記排気ガス再循環制御弁通過ガスを該機関冷却水温に基づいて補正するようにした請求項 1 に記載の内燃機関の排気ガス再循環ガス量算出装置。

【請求項 11】 前記内燃機関が点火栓を備えており、点火時期の遅角補正が行われているときには、前記差又は前記排気ガス再循環制御弁通過ガスを点

火時期の遅角補正量に基づいて補正するようにした請求項 1 に記載の内燃機関の排気ガス再循環ガス量算出装置。

【請求項 1 2】 燃料供給量の増量補正が行われているときには、前記差又は前記排気ガス再循環制御弁通過ガス量を燃料供給量の増量補正分に基づいて補正するようにした請求項 1 に記載の内燃機関の排気ガス再循環ガス量算出装置。

【請求項 1 3】 スロットル弁下流の吸気管内に配置された圧力センサにより吸気管圧力を検出し、該検出された吸気管圧力から前記関数式を用いて前記差を算出するようにした請求項 1 に記載の内燃機関の排気ガス再循環ガス量算出装置。

【請求項 1 4】 スロットル開度を求め、該求められたスロットル開度に基づいて吸気管圧力を推定し、該推定された吸気管圧力から前記関数式を用いて前記差を算出するようにした請求項 1 に記載の内燃機関の排気ガス再循環ガス量算出装置。

【請求項 1 5】 吸気管内を流通する新気の量をエアフローメータにより検出し、該検出された新気の量に基づいて吸気管圧力を推定し、該推定された吸気管圧力から前記関数式を用いて前記差を算出するようにした請求項 1 に記載の内燃機関の排気ガス再循環ガス量算出装置。

【請求項 1 6】 前記推定された吸気管圧力が最高圧を越えたときには、前記差を予め定められた一定値に保持するようにした請求項 1 5 に記載の内燃機関の排気ガス再循環ガス量算出装置。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

#### 【発明の属する技術分野】

本発明は内燃機関の排気ガス再循環ガス量算出装置に関する。

##### 【0002】

#### 【従来の技術】

従来より、スロットル弁下流の吸気管と排気管とを互いに接続する排気ガス再循環通路を介し互いに接続すると共に、排気ガス再循環通路内を流通する排気ガス再循環ガスの量を制御する排気ガス再循環制御弁を排気ガス再循環通路内に配

置した内燃機関が知られている。

#### 【0003】

このような内燃機関において、空燃比を目標空燃比に正確に一致させるためには、筒内に充填される新気の量即ち筒内充填新気量を正確に求める必要がある。

#### 【0004】

そこで、スロットル弁を通過して吸気管内に流入する新気の量即ちスロットル弁通過新気量と、排気ガス再循環制御弁を通過して吸気管内に流入する排気ガス再循環ガスの量即ち排気ガス再循環制御弁通過ガス量との両方を考慮したモデルを構築し、このモデルを用いて筒内充填新気量を算出するようにした内燃機関が公知である（特許文献1、特に[0047]及び[0048]参照）。

#### 【0005】

##### 【特許文献1】

特開2002-147279号公報

##### 【特許文献2】

特開2002-130039号公報

##### 【特許文献3】

特開平8-128359号公報

#### 【0006】

##### 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上述した特許文献1には、排気ガス再循環制御弁を通過する排気ガス再循環ガス量をどのように求めるかについて具体的に記載されていない。

#### 【0007】

そこで本発明の目的は、排気ガス再循環制御弁通過ガス量を簡単にかつ正確に求めることができる内燃機関の排気ガス再循環ガス量算出装置を提供することにある。

#### 【0008】

##### 【課題を解決するための手段】

前記課題を解決するために1番目の発明によれば、スロットル弁下流の吸気管と排気管とを排気ガス再循環通路を介し互いに接続すると共に、該排気ガス再循

環通路内を流通する排気ガス再循環ガスの量を制御する排気ガス再循環制御弁を該排気ガス再循環通路内に配置した内燃機関において、筒内に充填された新気量である筒内充填新気量であって、定常運転時でかつ排気ガス再循環ガスが供給されていないときの筒内充填新気量と、定常運転時でかつ排気ガス再循環ガスが供給されているときの筒内充填新気量との差を、スロットル弁下流の吸気管内の圧力である吸気管圧力の関数式により表すと共に、該関数式を予め求めて記憶しておく手段と、吸気管圧力を求める手段と、該求められた吸気管圧力から前記関数式を用いて前記差を算出すると共に、排気ガス再循環制御弁が開弁しているときに該排気ガス再循環制御弁を通過する排気ガス再循環ガスの量である排気ガス再循環制御弁通過ガス量を該差に基づいて算出する手段と、を具備している。

#### 【0009】

また、2番目の発明によれば1番目の発明において、定常運転時における吸気管圧力を求めると共に、該求められた定常運転時における吸気管圧力から前記関数式を用いて前記差を算出すると共に、定常運転時に筒内に充填された排気ガス再循環ガスの量を該差に基づいて算出するようにしている。

#### 【0010】

また、3番目の発明によれば1番目の発明において、定常運転時でかつ排気ガス再循環ガスが供給されていないときの筒内充填新気量を吸気管圧力の関数式である第1の関数式により表すと共に該第1の関数式を予め求めて記憶しておき、定常運転時でかつ排気ガス再循環ガスが供給されているときの筒内充填新気量を吸気管圧力の関数式である第2の関数式により表すと共に該第2の関数式を予め求めて記憶しておき、前記求められた吸気管圧力から前記第1及び第2の関数式を用いてそれぞれ筒内充填新気量を算出すると共にこれら算出された筒内充填新気量の差を算出し、前記排気ガス再循環制御弁通過ガス量を該差に基づいて算出するようにしている。

#### 【0011】

また、4番目の発明によれば1番目の発明において、互いに異なる複数の排気ガス再循環制御弁開度に対し、それぞれ前記関数式が予め求められて記憶されており、排気ガス再循環制御弁開度を求め、該求められた排気ガス再循環制御弁開



度に応じて定まる関数式を用いて前記差を算出するようにしている。

【0012】

また、5番目の発明によれば1番目の発明において、互いに異なる複数の機関回転数に対し、それぞれ前記関数式が予め求められて記憶されており、機関回転数を求め、該求められた機関回転数に応じて定まる関数式を用いて前記差を算出するようにしている。

【0013】

また、6番目の発明によれば1番目の発明において、前記関数式が、勾配が互いに異なりかつ接続点において連続している二つの一次関数式からなっている。

【0014】

また、7番目の発明によれば3番目の発明において、前記第1及び第2の関数式がそれぞれ、勾配が互いに異なりかつ接続点において連続している二つの一次関数式からなっている。

【0015】

また、8番目の発明によれば4番目の発明において、スロットル弁下流の吸気管内における空気流れを制御するための吸気制御弁が設けられており、互いに異なる複数の吸気制御弁開度に対し、それぞれ前記関数式が予め求められて記憶されており、吸気制御弁開度を求め、該求められた吸気制御弁開度に応じて定まる関数式を用いて前記差を算出するようにしている。

【0016】

また、9番目の発明によれば1番目の発明において、前記関数式が、機関周囲環境状態が予め定められた基準環境状態であるときの前記差を表しており、機関周囲環境状態を代表する代表値を求め、前記関数式により算出された前記差又は前記排気ガス再循環制御弁通過ガスを該代表値に基づいて補正するようにしている。

【0017】

また、10番目の発明によれば1番目の発明において、機関冷却水温を求め、前記差又は前記排気ガス再循環制御弁通過ガスを該機関冷却水温に基づいて補正するようにしている。

## 【0018】

また、11番目の発明によれば1番目の発明において、前記内燃機関が点火栓を備えており、点火時期の遅角補正が行われているときには、前記差又は前記排気ガス再循環制御弁通過ガスを点火時期の遅角補正量に基づいて補正するようにしている。

## 【0019】

また、12番目の発明によれば1番目の発明において、燃料供給量の増量補正が行われているときには、前記差又は前記排気ガス再循環制御弁通過ガスを燃料供給量の増量補正分に基づいて補正するようにしている。

## 【0020】

また、13番目の発明によれば1番目の発明において、スロットル弁下流の吸気管内に配置された圧力センサにより吸気管圧力を検出し、該検出された吸気管圧力から前記関数式を用いて前記差を算出するようにしている。

## 【0021】

また、14番目の発明によれば1番目の発明において、スロットル開度を求め、該求められたスロットル開度に基づいて吸気管圧力を推定し、該推定された吸気管圧力から前記関数式を用いて前記差を算出するようにしている。

## 【0022】

また、15番目の発明によれば1番目の発明において、吸気管内を流通する新気の量をエアフローメータにより検出し、該検出された新気の量に基づいて吸気管圧力を推定し、該推定された吸気管圧力から前記関数式を用いて前記差を算出するようにしている。

## 【0023】

また、16番目の発明によれば15番目の発明において、前記推定された吸気管圧力が最高圧を越えたときには、前記差を予め定められた一定に保持するようにしている。

## 【0024】

## 【発明の実施の形態】

図1は本発明を火花点火式内燃機関に適用した場合を示している。しかしなが

ら、本発明を圧縮着火式内燃機関に適用することもできる。

#### 【0025】

図1を参照すると、1は例えば四つの気筒を備えた機関本体、2はシリンダブロック、3はシリンダヘッド、4はピストン、5は燃焼室、6は吸気弁、7は吸気ポート、8は排気弁、9は排気ポート、10は点火栓、11は燃料噴射弁をそれぞれ示す。吸気ポート7は対応する吸気枝管12を介してサージタンク13に連結され、サージタンク13は吸気ダクト14を介してエアクリーナ15に連結される。吸気ダクト14内にはステップモータ16により駆動されるスロットル弁17が配置される。なお、本明細書では、スロットル弁17下流の吸気ダクト、サージタンク13、吸気枝管12、及び吸気ポート7を吸気管と称する場合がある。

#### 【0026】

一方、排気ポート11は排気マニホルド18及び排気管19を介して触媒コンバータ20に連結され、この触媒コンバータ20は図示しないマフラを介して大気に連通される。

#### 【0027】

排気マニホルド18と各吸気枝管12とは排気ガス再循環（以下、EGRと称す）供給管21を介して互いに連結され、EGR供給管21内には電気制御式EGR制御弁22が配置される。図1に示される内燃機関では、EGR制御弁22下流のEGR供給管21が分岐され、各吸気枝管12に接続されている。なお、EGR制御弁22はステップモータを備えており、このステップモータのステップ数STPが大きくなるとEGR制御弁22の開度が大きくなる。即ち、ステップ数STPはEGR制御弁22の開度を表している。

#### 【0028】

電子制御ユニット30はデジタルコンピュータからなり、双方向性バス31によって互いに接続されたROM（リードオンリメモリ）32、RAM（ランダムアクセスメモリ）33、CPU（マイクロプロセッサ）34、入力ポート35及び出力ポート36を具備する。サージタンク13内には吸気管内の圧力である吸気管圧力 $P_m$ を検出するための圧力センサ39が取り付けられる。また、スロッ

トル弁 1 7 にはスロットル開度  $\theta_t$  を検出するためのスロットル開度センサ 4 0 が取り付けられる。更に、アクセルペダル 4 1 にはアクセルペダル 4 1 の踏み込み量を検出するための負荷センサ 4 2 が接続される。アクセルペダル 4 1 の踏み込み量は要求負荷を表している。更に、吸気ダクト 1 4 内には大気温を検出するための大気温センサ 4 4 と、大気圧を検出するための大気圧センサ 4 5 とがそれぞれ取り付けられ、シリンダブロック 2 には機関冷却水温 T H W を検出するための水温センサ 4 6 が取り付けられる。これらセンサ 3 9, 4 0, 4 2, 4 4, 4 5, 4 6 の出力信号はそれぞれ対応する A D 変換器 3 7 を介して入力ポート 3 5 に入力される。更に入力ポート 3 5 にはクランクシャフトが例えば  $30^\circ$  回転する毎に出力パルスが発生するクランク角センサ 4 3 が接続される。C P U 3 4 ではクランク角センサ 4 3 の出力パルスに基づいて機関回転数 N E が算出される。一方、出力ポート 3 6 は対応する駆動回路 3 8 を介して点火栓 1 0、燃料噴射弁 1 1、ステップモータ 1 6、及び E G R 制御弁 2 2 にそれぞれ接続され、これらは電子制御ユニット 3 0 からの出力信号に基づいて制御される。

#### 【 0 0 2 9 】

図 1 に示される内燃機関では、燃料噴射量  $Q_F$  は例えば次式に基づいて算出される。

#### 【 0 0 3 0 】

$$Q_F = k_{AF} \cdot K_L$$

ここで、 $k_{AF}$  は空燃比設定係数を、 $K_L$  は機関負荷率 (%) をそれぞれ示している。

#### 【 0 0 3 1 】

空燃比設定係数  $k_{AF}$  は目標空燃比を表す係数であり、目標空燃比が大きくなると即ちリーンになると小さくなり、目標空燃比が小さくなると即ちリッチになると大きくなる。この空燃比設定係数  $k_{AF}$  は機関運転状態例えば要求負荷及び機関回転数の関数として予め R O M 3 2 内に記憶されている。

#### 【 0 0 3 2 】

一方、機関負荷率  $K_L$  は各気筒の筒内に充填された新気の量を表すものであり、例えば次式により定義される。

【0033】

【数1】

$$KL(\%) = \frac{M_{air}}{\frac{DSP}{NCYL} \cdot \rho_{astd}} \cdot 100$$

$$=kk \cdot M_{air}$$

【0034】

ここで、 $M_{air}$ は吸気弁7が開弁し次いで閉弁したときに各気筒の筒内に充填されている新気の量である筒内充填新気量（g）を、 $DSP$ は機関の排気量（リットル）を、 $NCYL$ は気筒数を、 $\rho_{astd}$ は標準状態（1気圧、25℃）における空気の密度（約1.2g／リットル）を、それぞれ示している。また、 $kk$ は各定数をひとまとめにして表したものを表しており、筒内充填新気量 $M_{air}$ は $KL/kk$ で表される。

【0035】

従って、実際の空燃比を目標空燃比に正確に一致させるためには、機関負荷率 $KL$ を正確に求ればよいことになる。

【0036】

なお、 $EGR$ 制御弁22が開弁され従って $EGR$ ガスが供給されているときには、各気筒の筒内に新気と $EGR$ ガスとの混合ガスが吸入される。従って、吸気弁7が開弁し次いで閉弁したときに各気筒の筒内に充填されている混合ガス及び $EGR$ ガスの量をそれぞれ筒内充填ガス量 $M_c$ 及び筒内充填 $EGR$ ガス量 $M_{ceg}$ と称すると、筒内充填ガス量 $M_c$ は筒内充填新気量 $M_{air}$ と筒内充填 $EGR$ ガス量 $M_{ceg}$ との和で表されることになる（ $M_c = M_{air} + M_{ceg}$ ）。

【0037】

ところで、筒内充填ガス量 $M_c$ は吸気弁7が閉弁したときの吸気管圧力 $P_m$ の一次関数式で表されることが知られている。即ち、理論及び経験則によれば、筒

内充填ガス量 $M_c$ は吸気弁7が閉弁したときの筒内圧力に比例し、この筒内圧力は吸気弁7上流の混合ガス圧力、即ち吸気管圧力 $P_m$ にほぼ一致する。

#### 【0038】

EGRガスが供給されていないときには筒内に新気のみが充填されるので、このときの筒内充填新気量 $M_{c,air}$ 従って機関負荷率 $K_L$ を吸気管圧力 $P_m$ の一次関数式で表すことができる。即ち、機関負荷率 $K_L$ を簡単にかつ正確に求めることができる。

#### 【0039】

ところが、EGRガスが供給されているときには状況が全く異なり、筒内には新気だけでなくEGRガスも充填される。このため、従来では、筒内充填新気量 $M_{c,air}$ ないし機関負荷率 $K_L$ を吸気管圧力 $P_m$ の一次関数式で表すことは到底できないと考えられていたのである。

#### 【0040】

筒内充填EGRガス量 $M_{c,egr}$ を吸気管圧力 $P_m$ の一次関数式で表すことができるならば、筒内充填ガス量 $M_c$ を吸気管圧力 $P_m$ の一次関数式で表すことができること、筒内充填ガス量 $M_c$ が筒内充填新気量 $M_{c,air}$ と筒内充填EGRガス量 $M_{c,egr}$ との和であることを考えれば、EGRガスが供給されているときの筒内充填新気量 $M_{c,air}$ ないし機関負荷率 $K_L$ を吸気管圧力 $P_m$ の一次関数式で表すことができる。

#### 【0041】

しかしながら、従来では、筒内充填EGRガス量 $M_{c,egr}$ も吸気管圧力 $P_m$ の一次関数式で表すことができないと考えられていたのである。このことを図2を参照しながら説明する。

#### 【0042】

まず、図2(A)に示されるように、EGR制御弁22上流のEGRガス圧力が排気マニホールド18内の排気圧 $P_e$ (kPa)であり、EGR制御弁上流のEGRガス温度が排気マニホールド18内の排気温 $T_e$ (K)であり、EGR制御弁22を通過するEGRガスの圧力が吸気管圧力 $P_m$ (kPa)であると考え、EGR制御弁22を通過するEGRガスの流量であるEGR制御弁通過ガス流

量  $m_{egr}$  (g/sec) は次式 (1) により表すことができる。

【0043】

【数2】

$$m_{egr} = \mu \cdot A_e \cdot \frac{P_e}{\sqrt{R_e \cdot T_e}} \cdot \Phi\left(\frac{P_m}{P_e}\right) \quad \dots(1)$$

【0044】

ここで、 $\mu$  は EGR 制御弁 22 における流量係数を、 $A_e$  は EGR 制御弁 22 の開口断面積 ( $m^2$ ) を、 $R_e$  は気体定数  $R$  に関する定数を、 $\Phi(P_m/P_e)$  は  $P_m/P_e$  の関数を、それぞれ表している。なお、流量係数  $\mu$  および開口断面積  $A_e$  は EGR 制御弁 22 の開度  $\theta_e$  によって定まる値であり、定数  $R_e$  は気体定数  $R$  を 1 mol 当たりの排気ガスないし EGR ガスの質量  $M_e$  で除算した値である ( $R_e = R/M_e$ )。

【0045】

また、関数  $\Phi(P_m/P_e)$  は EGR ガスの流速が音速を越えないように、比熱比  $\kappa$  (一定とする) を用いて次式により表される。

【0046】

【数3】

$$\Phi\left(\frac{P_m}{P_e}\right) = \begin{cases} \frac{\sqrt{\frac{\kappa}{2(\kappa+1)}}}{\sqrt{\left\{\left(\frac{\kappa-1}{2\kappa}\right)\left(1-\frac{P_m}{P_e}\right) + \frac{P_m}{P_e}\right\} \cdot \left(1-\frac{P_m}{P_e}\right)}} & \dots \frac{P_m}{P_e} \leq \frac{1}{\kappa+1} \\ \frac{P_m}{P_e} > \frac{1}{\kappa+1} \end{cases}$$

【0047】

上述した式 (1) は簡単に説明すると、EGR 制御弁 22 の上流及び下流における EGR ガスについての質量、エネルギー、及び運動量の各保存則、並びに EGR 制御弁 22 の上流及び下流における EGR ガスの状態方程式を用いて導出され

る。

【0048】

ここで、計算を簡単にするために排気圧  $P_e$  が大気圧  $P_a$  であるとする、式 (1) により表される EGR 制御弁通過ガス流量  $m_{egr}$  は図 2 (B) のようになる。即ち、EGR 制御弁通過ガス流量  $m_{egr}$  は吸気管圧力  $P_m$  が小さいときにはほぼ一定に維持され、吸気管圧力  $P_m$  が高くなると図 2 (B) において NR で示されるように吸気管圧力  $P_m$  に対し非線形性を示しながら大気圧  $P_a$  に向けて減少する。なお、この非線形性部分 NR は式 (1) のうち  $P_e / \sqrt{T_e}$  の部分及び関数  $\Phi(P_m / P_e)$  によるものである。

【0049】

従って、EGR 制御弁通過ガス流量  $m_{egr}$  とりわけ非線形性部分 NR を吸気管圧力  $P_m$  の一次関数式により表すことはできないものと考えられていたのである。もっとも、かなり多くの数の一次関数式を用いれば、EGR 制御弁通過ガス流量  $m_{egr}$  を吸気管圧力  $P_m$  の一次関数式により表すことができると考えられる。しかしながら、この場合には、もはや機関負荷率  $K_L$  を簡単に求めているとは言えない。

【0050】

ところが、本願発明者らによれば、EGR 制御弁通過ガス流量  $m_{egr}$  を吸気管圧力  $P_m$  の二つの一次関数式で表すことができ、従って筒内充填新気量  $M_{c a i r}$  ないし機関負荷率  $K_L$  を吸気管圧力  $P_m$  の二つの一次関数式で表すことができることが判明したのである。

【0051】

即ち、まず、図 3 に示されるように、排気温  $T_e$  は吸気管圧力  $P_m$  の増大に対し、排気圧  $P_e$  が増大するよりも大幅に増大し、その結果  $P_e / \sqrt{T_e}$  を吸気管圧力  $P_m$  の一次関数式で表すことができるのである。

【0052】

また、関数  $\Phi(P_m / P_e)$  も吸気管圧力  $P_m$  の一次関数式で表すことができるのである。これを図 4 を参照して説明する。排気圧  $P_e$  が一定の大気圧  $P_a$  に維持されるのではなく、吸気管圧力  $P_m$  に応じて変動することを考慮すると、図



4 (A) に示されるように、吸気管圧力  $P_m$  が  $P_{m1}$  のときの関数  $\Phi (P_m/P_e)$  は大気圧  $P_a$  に収束する曲線  $C_a$  上にあるのではなく、排気圧  $P_{e1}$  に収束する曲線  $C_1$  上にあり、これがプロット (○) で表されている。同様に、 $P_m = P_{m2} (>P_{m1})$  のときの  $\Phi (P_m/P_e)$  は排気圧  $P_{e2} (>P_{e1})$  に収束する曲線  $C_2$  上にあり、 $P_m = P_{m3} (>P_{m2})$  のときの  $\Phi (P_m/P_e)$  は排気圧  $P_{e3} (>P_{e2})$  に収束する曲線  $C_3$  上にある。

#### 【0053】

このようにして得られるプロットは図 4 (B) に示されるように、直線  $L_2$  で結ぶことができる。従って、関数  $\Phi (P_m/P_e)$  は吸気管圧力  $P_m$  が小さいときには直線  $L_1$  に相当する吸気管圧力  $P_m$  の一次関数式により、吸気管圧力  $P_m$  が大きいときには直線  $L_2$  に相当する吸気管圧力  $P_m$  の一次関数式により表すことができ、斯くして吸気管圧力  $P_m$  の二つの一次関数式で表すことができることになる。即ち、EGR 制御弁通過ガス流量  $m_{egr}$  を吸気管圧力  $P_m$  の二つの一次関数式で表すことができるのである。

#### 【0054】

ここで、定常運転時には、単位時間当たりに吸気管内に流入する EGR ガス量である EGR 制御弁通過ガス流量  $m_{egr}$  と、単位時間当たりに吸気管から流出して気筒内に流入する EGR ガスの量である筒内吸入 EGR ガス量  $m_{cegr} (g/sec)$  とが互いに等しい。また、筒内充填 EGR ガス量  $M_{cegr}$  は筒内吸入 EGR ガス量  $m_{cegr}$  に、各気筒の吸気行程 1 回に要する時間  $\Delta T (sec)$  を乗算することにより得られるものである ( $M_{cegr} = m_{cegr} \cdot \Delta T$ )。

#### 【0055】

そうすると、定常運転時の筒内充填 EGR ガス量  $M_{cegr}$  を吸気管圧力  $P_m$  の一次関数式で表すことができるということになる。

#### 【0056】

従って、定常運転時でかつ EGR ガスが供給されているときの筒内充填新気量  $M_{cair}$  ないし機関負荷率  $KL$  を吸気管圧力  $P_m$  の二つの一次関数式で表すことができるということになる。

## 【0057】

EGRガスが供給されているときの機関負荷率 $KL$ を $KL_{on}$ とすると、図5には、機関回転数 $NE$ 及びEGR制御弁開度 $STP$ がそれぞれ一定であるときの、定常運転時の機関負荷率 $KL_{on}$ を表す吸気管圧力 $P_m$ の二つの一次関数式の一例が示されている。図5に示されるように、機関負荷率 $KL_{on}$ は、勾配が互いに異なりかつ接続点 $CP$ において連続している、吸気管圧力 $P_m$ の二つの一次関数式により表される。即ち、吸気管圧力 $P_m$ が小さいときには勾配 $e_1$ の一次関数式により、吸気管圧力 $P_m$ が高いときには勾配 $e_2$ の一次関数式により、機関負荷率 $KL_{on}$ が表される。

## 【0058】

ここで、二つの一次関数式の勾配をそれぞれ $e_1$ 、 $e_2$ とし、接続点 $CP$ における吸気管圧力及び機関負荷率をそれぞれ $b$ 、 $r$ とすると、これら二つの一次関数式は次式により表すことができる。

## 【0059】

$$KL_{on} = e_1 \cdot (P_m - b) + r \quad \cdots P_m \leq b$$

$$KL_{on} = e_2 \cdot (P_m - b) + r \quad \cdots P_m > b$$

これらをひとまとめにして表すと次式(2)のようになる。

## 【0060】

$$KL_{on} = e \cdot (P_m - b) + r \quad (2)$$

$$e = e_1 \quad \cdots P_m \leq b$$

$$e = e_2 \quad \cdots P_m > b$$

本発明による実施例では、定常運転時の機関負荷率 $KL_{on}$ を表す吸気管圧力 $P_m$ の二つの一次関数式が式(2)に示す形で予めROM32内に記憶されている。このようにすると、二つの一次関数式を $e$ 、 $b$ 、 $r$ の三つのパラメータで表すことができる。即ち、二つの一次関数式を表すために必要なパラメータの数を少なくすることができる。

## 【0061】

この式(2)の各パラメータ $e$ 、 $b$ 、 $r$ は次式に基づいて算出される。

## 【0062】

$$e1 = e1^* \cdot ktha$$

$$e2 = e2^* \cdot ktha$$

$$b = b^* \cdot ktha \cdot kpa$$

$$r = r^* \cdot ktha \cdot kpa$$

ここで、 $e1^*$ 、 $e2^*$ 、 $b^*$ 、 $r^*$ はそれぞれ、機関周囲環境状態が予め定められた基準環境状態であるときの、勾配並びに接続点における吸気管圧力及び機関負荷率である。基準環境状態にはどのような状態を用いてもよいが、本発明による実施例では基準環境状態として標準状態（1気圧、25℃）が用いられている。

#### 【0063】

一方、 $ktha$ は大気温補正係数を、 $kpa$ は大気圧補正係数をそれぞれ表している。大気温補正係数 $ktha$ は大気温センサ44により検出される実際の大気温に応じ、基準環境状態における各パラメータ $e1^*$ 、 $e2^*$ 、 $b^*$ 、 $r^*$ をそれぞれ補正するためのものであり、補正する必要があるときには1.0とされる。また、大気圧補正係数 $kpa$ は大気圧センサ45により検出される実際の大気圧に応じ、基準環境状態における各パラメータ $b^*$ 、 $r^*$ をそれぞれ補正するためのものであり、補正する必要があるときには1.0とされる。

#### 【0064】

従って、大気温補正係数 $ktha$ 又は大気圧補正係数 $kpa$ が実際の機関周囲環境状態を代表する代表値であるということを考えると、実際の機関周囲環境状態を代表する代表値に基づき、基準環境状態における各パラメータ $e1^*$ 、 $e2^*$ 、 $b^*$ 、 $r^*$ を補正しているということになる。或いは、実際の機関周囲環境状態を代表する代表値に基づき、基準環境状態における機関負荷率 $KLon$ を補正しているという見方もできる。

#### 【0065】

一方、上述の式（1）におけるEGR制御弁22の開口断面積 $Ae$ がEGR制御弁開度 $STP$ に依存し、機関充填効率が機関回転数 $NE$ に依存することを考慮して、本発明による実施例ではパラメータ $e^*$ （ $e1^*$ 、 $e2^*$ ）、 $b^*$ 、 $r^*$ をEGR制御弁開度 $STP$ 又は機関回転数 $NE$ に応じて設定している。

## 【0066】

具体的に説明すると、勾配  $e1^*$  は図 6 (A) に示されるように、機関回転数  $NE$  が低いときには機関回転数  $NE$  が高くなるにつれて大きくなり、機関回転数  $NE$  が高いときには機関回転数  $NE$  が高くなるにつれて小さくなり、更に、EGR 制御弁開度  $STP$  が大きくなるにつれて大きくなる。また、勾配  $e2^*$  は図 6 (B) に示されるように、機関回転数  $NE$  が低いときには機関回転数  $NE$  が高くなるにつれて大きくなり、機関回転数  $NE$  が高いときには機関回転数  $NE$  が高くなるにつれて小さくなり、更に、EGR 制御弁開度  $STP$  が大きくなるにつれて大きくなる。これら勾配  $e1^*$ 、 $e2^*$  は予め実験により求められており、それぞれ機関回転数  $NE$  及び EGR 制御弁開度  $STP$  の関数として図 6 (C) 及び (D) に示されるマップの形で予め ROM 32 内に記憶されている。

## 【0067】

一方、接続点 CP における吸気管圧力  $b^*$  は図 7 に示されるように、機関回転数  $NE$  が高くなるにつれて小さくなる。接続点 CP における吸気管圧力  $b^*$  も予め実験により求められており、機関回転数  $NE$  の関数として図 7 に示されるマップの形で予め ROM 32 内に記憶されている。

## 【0068】

更に、接続点 CP における機関負荷率  $r^*$  は図 8 (A) に示されるように、機関回転数  $NE$  が低いときには機関回転数  $NE$  が高くなるにつれて大きくなり、機関回転数  $NE$  が高いときには機関回転数  $NE$  が高くなるにつれて小さくなり、更に、EGR 制御弁開度  $STP$  が大きくなるにつれて小さくなる。接続点 CP における機関負荷率  $r^*$  も予め実験により求められており、機関回転数  $NE$  及び EGR 制御弁開度  $STP$  の関数として図 8 (B) に示されるマップの形で予め ROM 32 内に記憶されている。

## 【0069】

従って、一般的に言うと、互いに異なる複数の EGR 制御弁開度  $STP$  に対し、定常運転時における筒内充填新気量  $Mc air$  ないし機関負荷率  $KL on$  を表す吸気管圧力  $Pm$  の二つの一次関数式がそれぞれ予め求められて記憶されているということになる。また、互いに異なる複数の機関回転数  $NE$  に対し、定常運転

時における筒内充填新気量  $M_{c a i r}$  ないし機関負荷率  $K L o n$  を表す吸気管圧力  $P m$  の二つの一次関数式が予め求められて記憶されているということにもなる。

#### 【0070】

図9は一定の機関回転数  $N E$  でかつ様々な  $E G R$  制御弁開度  $S T P$  における、定常運転時の機関負荷率  $K L o n$  を表す吸気管圧力  $P m$  の二つの一次関数式の一例を示している。なお、図9における破線は  $E G R$  ガスが供給されていないとき、即ち  $E G R$  制御弁開度  $S T P$  がゼロのときの機関負荷率  $K L o f f$  を示している。

#### 【0071】

一方、上述したように、 $E G R$  ガスが供給されていないときの機関負荷率  $K L o f f$  を吸気管圧力  $P m$  の一次関数式で表すことができる。図10には、機関回転数  $N E$  が一定であるときの、定常運転時の機関負荷率  $K L o f f$  を表す吸気管圧力  $P m$  の二つの一次関数式の一例が示されている。本発明による実施例では、図10に示されるように、機関負荷率  $K L o f f$  は、勾配が互いに異なりかつ接続点  $C P$  において連続している、吸気管圧力  $P m$  の二つの一次関数式により表される。即ち、吸気管圧力  $P m$  が小さいときには勾配  $a 1$  の一次関数式により、吸気管圧力  $P m$  が高いときには勾配  $a 2$  の一次関数式により、機関負荷率  $K L o f f$  が表される。

#### 【0072】

ここで、二つの一次関数式の勾配をそれぞれ  $a 1$ 、 $a 2$  とし、接続点  $C P$  における吸気管圧力及び機関負荷率をそれぞれ  $b$ 、 $c$  とすると、これら二つの一次関数式は次式により表すことができる。

#### 【0073】

$$K L o f f = a 1 \cdot (P m - b) + c \quad \cdots P m \leq b$$

$$K L o f f = a 2 \cdot (P m - b) + c \quad \cdots P m > b$$

これらをひとまとめにして表すと次式(3)のようになる。

#### 【0074】

$$K L o f f = a \cdot (P m - b) + c \quad (3)$$

$$a = a_1 \quad \cdots P_m \leq b$$

$$a = a_2 \quad \cdots P_m > b$$

本発明による実施例では、定常運転時の機関負荷率  $KL_{off}$  を表す吸気管圧力  $P_m$  の二つの一次関数式が式 (3) に示す形で予め ROM 32 内に記憶されている。なお、この場合の接続点 CP における吸気管圧力  $b$  は、上述した機関負荷率  $KL_{on}$  についての接続点 CP における吸気管圧力  $b$  と同一である。従って、パラメータの数を更に少なくすることができる。もちろん、これら接続点 CP における吸気管圧力を互いに異ならせることもできる。

#### 【0075】

この式 (3) の各パラメータ  $a$ ,  $r$  は次式に基づいて算出される。

#### 【0076】

$$a_1 = a_1^* \cdot k_{tha}$$

$$a_2 = a_2^* \cdot k_{tha}$$

$$c = c^* \cdot k_{tha} \cdot k_{pa}$$

ここで、 $a_1^*$ ,  $a_2^*$ ,  $r^*$  はそれぞれ、機関周囲環境状態が上述した基準環境状態即ち標準状態であるときの、勾配及び接続点における機関負荷率である。

#### 【0077】

従って、大気温補正係数  $k_{tha}$  又は大気圧補正係数  $k_{pa}$  が実際の機関周囲環境状態を代表する代表値であるということを考えると、実際の機関周囲環境状態を代表する代表値に基づき、基準環境状態における各パラメータ  $a_1^*$ ,  $a_2^*$ ,  $c^*$  を補正しているということになる。或いは、実際の機関周囲環境状態を代表する代表値に基づき、基準環境状態における機関負荷率  $KL_{off}$  を補正しているという見方もできる。

#### 【0078】

一方、機関充填効率が機関回転数  $NE$  に依存することを考慮して、本発明による実施例ではパラメータ  $a^*$  ( $a_1^*$ ,  $a_2^*$ ),  $c^*$  を機関回転数  $NE$  に応じて設定している。

#### 【0079】

具体的に説明すると、勾配  $a_1^*$  は図 11 (A) に示されるように、機関回転

数 $NE$ が低いときには機関回転数 $NE$ が高くなるにつれて大きくなり、機関回転数 $NE$ が高いときには機関回転数 $NE$ が高くなるにつれて小さくなる。また、勾配 $a_2^*$ は図11(B)に示されるように、機関回転数 $NE$ が低いときには機関回転数 $NE$ が高くなるにつれて大きくなり、機関回転数 $NE$ が高いときには機関回転数 $NE$ が高くなるにつれて小さくなる。これら勾配 $a_1^*$ 、 $a_2^*$ は予め実験により求められており、それぞれ機関回転数 $NE$ の関数として図11(A)及び(B)に示されるマップの形で予めROM32内に記憶されている。

#### 【0080】

更に、接続点CPにおける機関負荷率 $c^*$ は図12に示されるように、機関回転数 $NE$ が低いときには機関回転数 $NE$ が高くなるにつれて大きくなり、機関回転数 $NE$ が高いときには機関回転数 $NE$ が高くなるにつれて小さくなる。接続点CPにおける機関負荷率 $c^*$ も予め実験により求められており、機関回転数 $NE$ の関数として図12に示されるマップの形で予めROM32内に記憶されている。

#### 【0081】

従って、一般的に言うと、互いに異なる複数の機関回転数 $NE$ に対し、定常運転時における筒内充填新気量 $M_{c a i r}$ ないし機関負荷率 $K L o f f$ を表す吸気管圧力 $P_m$ の二つの一次関数式が予め求められて記憶されているということになる。

#### 【0082】

そうすると、吸気管圧力 $P_m$ を例えば圧力センサ39により検出すれば、この検出された吸気管圧力 $P_m$ から上述の式(2)又は(3)を用いて機関負荷率 $K L o n$ 又は $K L o f f$ を正確にかつ簡単に求めることができ、斯くして空燃比を目標空燃比に正確にかつ簡単に一致させることができることになる。

#### 【0083】

このように機関負荷率 $K L o n$ 、 $K L o f f$ を吸気管圧力 $P_m$ の一次関数式で表せるということは、機関負荷率 $K L o n$ 、 $K L o f f$ と吸気管圧力 $P_m$ との関係を表すマップを作成する必要があることを意味しており、従ってまずマップの作成労力がなくされる。また、複雑な例えば微分方程式などを解く必要がないと

いうことも意味しており、従ってCPU34の計算負荷が軽減されることにもなる。

#### 【0084】

ところで、機関負荷率 $KL$ は上述したように、筒内充填新気量 $M_{c a i r}$ を表している( $M_{c a i r} = KL / k k$ )。ここで、EGRガスが供給されていないときには、筒内に新気のみが充填されることを考えると、EGRガスが供給されていないときの機関負荷率 $KL_{off}$ はこのとき筒内に充填されるガスの総量、即ち筒内充填ガス量 $M_c$ を表していると考えることができる。

#### 【0085】

ここで、EGRガスが供給されているときと供給されていないときとで筒内充填ガス量 $M_c$ が変わらないと考えると、EGRガスが供給されていないときの機関負荷率 $KL_{off}$ は、EGRガスが供給されているときの筒内充填ガス量 $M_c$ だけでなく、EGRガスが供給されているときの筒内充填ガス量 $M_c$ をも表しているということになる。

#### 【0086】

一方、定常運転時でかつEGRガスが供給されているときの筒内充填新気量 $M_{c a i r}$ が機関負荷率 $KL_{on}$ によって表されることは上述したとおりである。

#### 【0087】

従って、EGRガスが供給されていないときの機関負荷率 $KL$ から、EGRガスが供給されているときの機関負荷率 $KL_{on}$ を差し引いた結果 $\Delta KL (= KL_{off} - KL_{on})$ は、定常運転時における筒内充填EGRガス量 $M_{c e g r}$ を表しているということになる。

#### 【0088】

具体的に説明すると、例えば図13に示されるように $P_m = P_{m1}$ のときに $KL_{off} = KL_{off1}$ であり $KL_{on} = KL_{on1}$ である場合には、定常運転時における筒内充填EGRガス量 $M_{c e g r}$ は $\Delta KL (= KL_{off1} - KL_{on1})$ で表される。

#### 【0089】

従って、定常運転時における筒内充填EGRガス量 $M_{c e g r}$ は次式(4)に



基づいて算出できることになる。

【0090】

$$M_{egr} = k_{egr1} \cdot \Delta KL \quad (4)$$

ここで、 $k_{egr1}$ は機関負荷率 $KL$ から筒内充填 $EGR$ ガス量 $M_{egr}$ への変換係数を、 $KL_{off}$ 、 $KL_{on}$ は上述した式(3)、(2)からそれぞれ算出される機関負荷率を、それぞれ表している。

【0091】

従って、吸気管圧力 $P_m$ を例えば圧力センサ39により検出すれば、この検出された吸気管圧力 $P_m$ から上述の式(4)を用いて定常運転時における筒内充填 $EGR$ ガス量 $M_{egr}$ を正確にかつ簡単に求めることができることになる。

【0092】

ところで、上述したように、定常運転時には $EGR$ 制御弁通過ガス流量 $m_{egr}$ と筒内吸入 $EGR$ ガス量 $m_{egr}$ とが互いに等しく、筒内充填 $EGR$ ガス量 $M_{egr}$ は筒内吸入 $EGR$ ガス量 $m_{egr}$ と $\Delta T(sec)$ との積で表される( $M_{egr} = m_{egr} \cdot \Delta T$ )。

【0093】

従って、上述した差 $\Delta KL$ は定常運転時における $EGR$ 制御弁通過ガス流量 $m_{egr}$ も表しているということになる。

【0094】

本発明による実施例では、次式(5)に基づいて定常運転時における $EGR$ 制御弁通過ガス流量 $m_{egr}$ が算出される。

【0095】

$$m_{egr} = k_{egr2} \cdot \Delta KL \quad (5)$$

ここで、 $k_{egr2}$ は機関負荷率 $KL$ から $EGR$ 制御弁通過ガス流量 $m_{egr}$ への変換係数を、 $KL_{off}$ 、 $KL_{on}$ は上述した式(3)、(2)からそれぞれ算出される機関負荷率を、それぞれ表している。

【0096】

これまで説明してきたように、上述の式(5)を用いて定常運転時における $EGR$ 制御弁通過ガス流量 $m_{egr}$ が算出される。しかしながら、この式(5)を

用いて過渡運転時における EGR 制御弁通過ガス流量  $m_{egr}$  を算出することもできる。

#### 【0097】

即ち、EGR 制御弁通過ガス流量  $m_{egr}$  は EGR 制御弁 22 前後の圧力差、即ち排気圧  $P_e$  と吸気管圧力  $P_m$  との差に大きく依存し、過渡運転時における EGR 制御弁 22 上流の排気圧  $P_e$  及び排気温  $T_e$  が定常運転時における  $P_e$  及び  $T_e$  とそれほど変わらないと考えれば、定常運転時であろうと過渡運転時であろうと、吸気管圧力  $P_m$  が決まれば EGR 制御弁通過ガス流量  $m_{egr}$  が決まるのである。

#### 【0098】

従って、吸気管圧力  $P_m$  を例えば圧力センサ 39 により検出すれば、この検出された吸気管圧力  $P_m$  から上述の式 (5) を用いて定常運転時及び過渡運転時における EGR 制御弁通過ガス流量  $m_{egr}$  を正確にかつ簡単に求めることができることになる。この場合、定常運転時における筒内充填 EGR ガス量  $M_{cegr}$  は定常運転時における EGR 制御弁通過ガス流量  $m_{egr}$  から算出することもできるし、上述の式 (4) を用いて差  $\Delta KL$  から算出することもできる。

#### 【0099】

図 14 は上述した本発明による実施例における EGR 制御弁通過ガス流量  $m_{egr}$  の算出ルーチンを示している。このルーチンは予め定められた設定時間毎の割り込みによって実行される。

#### 【0100】

図 14 を参照すると、まずステップ 100 では吸気管圧力  $P_m$ 、機関回転数  $N_E$ 、及び EGR 制御弁開度  $STP$  が読み込まれる。続くステップ 101 では、大気温補正係数  $k_{tha}$  及び大気圧補正係数  $k_{pa}$  が算出される。続くステップ 102 では、図 7、図 8 (B)、及び図 12 のマップから、基準環境状態のもとの接続点 CP における吸気管圧力  $b^*$  及び機関負荷率  $c^*$ 、 $r^*$  が算出される。続くステップ 103 では、 $k_{tha}$ 、 $k_{pa}$  により  $b^*$ 、 $c^*$ 、 $r^*$  を補正することにより、パラメータ  $b$ 、 $c$ 、 $r$  が算出される。続くステップ 104 では、検出された吸気管圧力  $P_m$  が接続点における吸気管圧力  $b$  以下か否かが判別される

。  $P_m \leq b$  のときには次いでステップ105に進み、図6 (C) 及び図11 (A) のマップから  $a_1^*$  ,  $e_1^*$  が算出される。続くステップ106では、勾配  $a^*$  ,  $e^*$  がそれぞれ  $a_1^*$  ,  $e_1^*$  とされる。次いでステップ109に進む。これに対し、  $P_m > b$  のときには次いでステップ107に進み、図6 (D) 及び図11 (B) のマップから  $a_2^*$  ,  $e_2^*$  が算出される。続くステップ108では、勾配  $a^*$  ,  $e^*$  がそれぞれ  $a_2^*$  ,  $e_2^*$  とされる。次いでステップ109に進む。

#### 【0101】

ステップ109では、  $k_{tha}$  ,  $k_{pa}$  により  $a^*$  ,  $e^*$  を補正することにより、パラメータ  $a$  ,  $e$  が算出される。続くステップ110では、式(3)に基づいて機関負荷率  $KL_{off}$  が算出される ( $KL_{off} = a \cdot (P_m - b) + c$ ) 。続くステップ111では、式(2)に基づいて機関負荷率  $KL_{on}$  が算出される ( $KL_{on} = e \cdot (P_m - b) + r$ ) 。続くステップ112では差  $\Delta KL$  が算出される ( $\Delta KL = KL_{off} - KL_{on}$ ) 。続くステップ113では、式(5)に基づいてEGR制御弁通過ガス流量  $me_{gr}$  が算出される ( $me_{gr} = k_{egr2} \cdot \Delta KL$ ) 。

#### 【0102】

上述の実施例では、機関負荷率  $KL_{off}$  ,  $KL_{on}$  をそれぞれ、二つの一次関数式により表している。しかしながら、機関負荷率  $KL_{off}$  ,  $KL_{on}$  をそれぞれ、  $n$  個の  $m$  次関数式により表すこともできる ( $n, m = 1, 2 \dots$ ) 。

#### 【0103】

従って、上述の実施例では、定常運転時でかつEGRガスが供給されていないときの筒内充填新気量又は機関負荷率  $KL_{off}$  を吸気管圧力  $P_m$  の関数式である第1の関数式により表すと共に第1の関数式を予め求めて記憶しておき、定常運転時でかつEGRガスが供給されているときの筒内充填新気量又は機関負荷率  $KL_{on}$  を吸気管圧力  $P_m$  の関数式である第2の関数式により表すと共に第2の関数式を予め求めて記憶しておき、前記求められた吸気管圧力  $P_m$  から前記第1及び第2の関数式を用いてそれぞれ筒内充填新気量又は機関負荷率  $KL_{off}$  ,  $KL_{on}$  を算出し、これら算出された筒内充填新気量又は機関負荷率  $KL_{off}$

,  $KL_{on}$  の差  $\Delta KL$  を算出し、EGR 制御弁通過ガス量  $megr$  を差  $\Delta KL$  に基づいて算出しているということになる。

#### 【0104】

更に一般的に言うと、定常運転時でかつ EGR ガスが供給されていないときの筒内充填新気量又は機関負荷率  $KL_{off}$  と、定常運転時でかつ EGR ガスが供給されているときの筒内充填新気量又は機関負荷率  $KL_{on}$  との差  $\Delta KL$  を吸気管圧力  $P_m$  の関数式により表すと共に、関数式を予め求めて記憶しておき、吸気管圧力  $P_m$  を求め、求められた吸気管圧力  $P_m$  から前記関数式を用いて前記差  $\Delta KL$  を算出し、定常運転時及び過渡運転時における EGR 制御弁通過ガス流量  $megr$  並びに定常運転時における筒内充填 EGR ガス量  $Mcgr$  を、この差  $\Delta KL$  に基づいて算出しているということになる。

#### 【0105】

次に、本発明による別の実施例を説明する。

#### 【0106】

上述した差  $\Delta KL$  は  $KL_{off}$  及び  $KL_{on}$  をそれぞれ表す式 (3), (2) を用いて次式のように表すことができる。

#### 【0107】

$$\begin{aligned}\Delta KL &= KL_{off} - KL_{on} \\ &= (a - e) \cdot (P_m - b) + (c - r)\end{aligned}\quad (6)$$

ここで、 $(a - e) = h$ ,  $(c - r) = i$  と置き換えると、式 (6) は次のようになる。

#### 【0108】

$$\begin{aligned}\Delta KL &= h \cdot (P_m - b) + i \quad (7) \\ h &= h_1 \quad \cdots P_m \leq b \\ h &= h_2 \quad \cdots P_m > b\end{aligned}$$

従って、差  $\Delta KL$  は図 15 に示されるように、勾配が互いに異なりかつ接続点 CP において連続している、吸気管圧力  $P_m$  の二つの一次関数式により表されることになる。即ち、吸気管圧力  $P_m$  が小さいときには勾配  $h_1$  の一次関数式により、吸気管圧力  $P_m$  が高いときには勾配  $h_2$  の一次関数式により、差  $\Delta KL$  が表

される。

#### 【0109】

本発明による実施例では、差 $\Delta KL$ を表す吸気管圧力 $P_m$ の二つの一次関数式が式(7)に示す形で予めROM32内に記憶されている。このようにすると、パラメータの数を更に少なくすることができる。

#### 【0110】

この式(7)の各パラメータ $h$ ,  $b$ ,  $i$ は次式に基づいて算出される。

#### 【0111】

$$h_1 = h_1^* \cdot k_{tha}$$

$$h_2 = h_2^* \cdot k_{tha}$$

$$i = i^* \cdot k_{tha} \cdot k_{pa}$$

ここで、 $h_1^*$ ,  $h_2^*$ ,  $i^*$ はそれぞれ、機関周囲環境状態が基準環境状態であるときの、勾配及び接続点CPにおける差である。これら $h_1^*$ ,  $h_2^*$ ,  $i^*$ は予め実験により求められており、それぞれ機関回転数NE及びEGR制御弁開度STPの関数として図16(A), (B), (C)に示されるマップの形で予めROM32内に記憶されている。なお、パラメータ $b$ は上述の実施例と同様であるので説明を省略する。

#### 【0112】

従って、一般的に言うと、互いに異なる複数のEGR制御弁開度STPに対し、差 $\Delta KL$ を表す吸気管圧力 $P_m$ の二つの一次関数式がそれぞれ予め求められて記憶されているということになる。また、互いに異なる複数の機関回転数NEに対し、差 $\Delta KL$ を表す吸気管圧力 $P_m$ の二つの一次関数式が予め求められて記憶されているということにもなる。

#### 【0113】

図17は上述した本発明による別の実施例におけるEGR制御弁通過ガス流量 $me_{gr}$ の算出ルーチンを示している。このルーチンは予め定められた設定時間毎の割り込みによって実行される。

#### 【0114】

図17を参照すると、まずステップ120では吸気管圧力 $P_m$ 、機関回転数N

E、及びEGR制御弁開度STPが読み込まれる。続くステップ121では、大気温補正係数ktha及び大気圧補正係数kpaが算出される。続くステップ122では、図7及び図16(C)のマップから、基準環境状態のもとでの接続点CPにおける吸気管圧力b\*及び差i\*が算出される。続くステップ123では、ktha、kpaによりb\*、i\*を補正することにより、パラメータb、iが算出される。続くステップ124では、検出された吸気管圧力Pmが接続点における吸気管圧力b以下か否かが判別される。Pm ≤ bのときには次いでステップ125に進み、図16(A)のマップからh1\*が算出される。続くステップ126では、勾配h\*がh1\*とされる。次いでステップ129に進む。これに対し、Pm > bのときには次いでステップ127に進み、図16(B)のマップからh2\*が算出される。続くステップ128では、勾配h\*がh2\*とされる。次いでステップ129に進む。

#### 【0115】

ステップ129では、ktha、kpaによりh\*を補正することにより、パラメータhが算出される。続くステップ130では、式(7)に基づいて差ΔKLが算出される(ΔKL = h · (Pm - b) + i)。続くステップ131では、式(5)に基づいてEGR制御弁通過ガス流量megrが算出される(megr = kegr2 · ΔKL)。

#### 【0116】

ここで、EGR制御弁開度STPについて簡単に説明する。上述したように、EGR制御弁開度はEGR制御弁22のステップモータのステップ数STPで表され、即ちステップ数STPがゼロになるとEGR制御弁22は閉弁し、ステップ数STPが大きくなるとEGR制御弁開度も大きくなる。

#### 【0117】

ところが実際には、図18に示されるようにステップ数STPがゼロから大きくなっても、EGR制御弁22は直ちに開弁せず、ステップ数STPがSTP1を越えるとようやくEGR制御弁22が開弁する。このため、ステップ数STPからSTP1だけ減算した結果(STP - STP1)でもって、EGR制御弁開度を表す必要がある。

## 【0118】

また、EGR制御弁22には通常、製造誤差が含まれているので、ステップ数STPに対する実際のEGR制御弁開度が正規の開度からずれている恐れがある。そこで図1に示される内燃機関では、実際のEGR制御弁開度を正規の開度に一致させるための補正係数 $k_g$ を求め、この補正係数 $k_g$ をステップ数STPに加算するようにしている。

## 【0119】

従って、EGR制御弁開度STPは次式に基づいて表されることになる。

## 【0120】

$$STP = STP_0 + k_g$$

ここで、 $STP_0$ は図面公差中央品においてEGR制御弁22が開弁し始めるステップ数である。本発明による実施例では、このようにして算出されるEGR制御弁開度STPをマップの引数として用いている。

## 【0121】

ところで、上述のように算出されるEGR制御弁通過ガス流量 $m_{egr}$ 又は定常運転時における筒内充填EGRガス量 $M_{cegr}$ を、排気温度 $T_e$ を考慮して更に補正することもできる。

## 【0122】

EGR制御弁通過ガス流量 $m_{egr}$ を補正する場合について説明すると、この場合のEGR制御弁通過ガス流量 $m_{egr}$ は例えば次式で表される。

## 【0123】

$$m_{egr} = m_{egr} \cdot k_{wu} \cdot k_{rtd} \cdot k_{inc}$$

ここで、 $k_{wu}$ は暖機時補正係数を、 $k_{rtd}$ は遅角時補正係数を、 $k_{inc}$ は増量時補正係数を、それぞれ表している。

## 【0124】

暖機時補正係数 $k_{wu}$ は機関暖機運転時におけるEGR制御弁通過ガス流量 $m_{egr}$ を補正するためのものである。即ち、暖機運転時には暖機運転完了後に比べて排気温度 $T_e$ が低くなっており、その分だけEGR制御弁通過ガス流量 $m_{egr}$  ( $g/sec$ )が多くなる。上述した式(2)、(3)又は式(7)を用い

て算出される EGR 制御弁通過ガス流量  $me_{gr}$  は暖機運転完了後における EGR 制御弁通過ガス流量であるので、これを補正する必要があるのである。

#### 【0125】

暖機時補正係数  $k_{wu}$  は図 19 (A) に示されるように、暖機の程度を表す機関冷却水温  $THW$  が高くなるにつれて小さくなり、暖機完了を表す温度  $TWU$  以上になると 1.0 に保持される。この暖機時補正係数  $k_{wu}$  は図 19 (A) に示されるマップの形で予め ROM32 内に記憶されている。

#### 【0126】

一方、遅角時補正係数  $k_{rtd}$  は点火時期の遅角補正時における EGR 制御弁通過ガス流量  $me_{gr}$  を補正するためのものである。即ち、遅角補正時には遅角補正が行われないうきに比べて排気温度  $T_e$  が高くなっており、その分だけ EGR 制御弁通過ガス流量  $me_{gr}$  が少なくなる。

#### 【0127】

遅角時補正係数  $k_{rtd}$  は図 19 (B) に示されるように、遅角量  $RTD$  がゼロのときに 1.0 であり、遅角量  $RTD$  が大きくなるにつれて小さくなる。この遅角時補正係数  $k_{rtd}$  は図 19 (B) に示されるマップの形で予め ROM32 内に記憶されている。

#### 【0128】

更に、増量時補正係数  $k_{inc}$  は燃料噴射量の増量補正時における EGR 制御弁通過ガス流量  $me_{gr}$  を補正するためのものである。即ち、増量補正時には増量補正が行われないうきに比べて排気温度  $T_e$  が低くなっており、その分だけ EGR 制御弁通過ガス流量  $me_{gr}$  が多くなる。

#### 【0129】

増量時補正係数  $k_{inc}$  は図 19 (C) に示されるように、増量補正分  $F_{inc}$  がゼロのときに 1.0 であり、増量補正分  $F_{inc}$  が大きくなるにつれて小さくなる。この増量時補正係数  $k_{inc}$  は図 19 (C) に示されるマップの形で予め ROM32 内に記憶されている。

#### 【0130】

このようにすると、EGR 制御弁通過ガス流量  $me_{gr}$  を更に高精度で求める



ことができる。

#### 【0131】

なお、点火時期遅角補正又は燃料増量補正が行われないうきの排気温度  $T_e$  を機関運転状態例えば機関回転数  $N_E$  及び要求負荷  $L$  の関数として予め求めておき、実際の排気温度  $T_e$  を検出又は推定し、遅角補正又は燃料増量補正が行われないうきの排気温度  $T_e$  と実際の排気温度  $T_e$  との差に基づいて EGR 制御弁通過ガス流量  $m_{egr}$  を補正するようにしてもよい。定常運転時における筒内充填 EGR ガス量  $M_{cegr}$  も同様であるので、説明を省略する。

#### 【0132】

図 1 に示される内燃機関では上述したように、EGR 制御弁 22 下流の EGR 供給管 21 が分岐されて各気筒の吸気枝管 12 にそれぞれ接続されている。この構成において、各気筒に供給される EGR ガスの量にばらつきが生ずるのを抑制するために、図 20 に示されるように EGR 制御弁 22 下流の各 EGR 供給管 21 内に絞り 23 を設けることができる。

#### 【0133】

この場合、まず、定常運転時であれば、絞り 23 を通過する EGR ガスの流量である絞り通過ガス流量  $m_{chk}$  ( $g/sec$ ) は EGR 制御弁通過ガス流量  $m_{egr}$  に一致する。従って、これまでの説明からわかるように、定常運転時における絞り通過ガス流量  $m_{chk}$  を差  $\Delta K L$  に基づいて算出することができるということになる。なお、絞り通過ガス流量  $m_{chk}$  は吸気管内に流入する EGR ガスの流量を表している。

#### 【0134】

一方、過渡運転時には、絞り通過ガス流量  $m_{chk}$  は EGR 制御弁通過ガス流量  $m_{egr}$  に必ずしも一致しない。しかしながら、EGR 制御弁 22 から絞り 23 までの EGR 供給管 21 内の容積が比較的小さい場合には、 $m_{chk}$  は  $m_{egr}$  に概ね一致する。従って、EGR 制御弁 22 から絞り 23 までの EGR 供給管 21 内の容積が比較的小さい場合には、定常運転時であろうと過渡運転時であろうと、絞り通過ガス流量  $m_{chk}$  を差  $\Delta K L$  に基づいて算出できるということになる。

## 【0 1 3 5】

図 2 1 (A), (B), (C) は本発明を適用可能な別の内燃機関を示している。

## 【0 1 3 6】

図 2 1 (A) に示される内燃機関では、各気筒の吸気枝管 1 2 に、吸気管長制御弁 2 4 a を介して追加のサージタンク 2 5 が接続されている。

## 【0 1 3 7】

この吸気管長制御弁 2 4 a は例えば機関低回転運転時に閉弁され、機関高回転運転時に開弁される。吸気管長制御弁 2 4 a が閉弁されると、吸気枝管 1 2 と追加のサージタンク 2 5 との間の連通が遮断され、吸気管長が実質的に延長される。これに対し、吸気管長制御弁 2 4 a が開弁されると、吸気枝管 1 2 と追加のサージタンク 2 5 とが互いに連通され、吸気管長が実質的に短縮される。その結果、機関回転数 N E に関わらず、吸気脈動効果を効果的に作用させることができる。

## 【0 1 3 8】

一方、図 2 1 (B) に示される内燃機関では、各気筒の吸気枝管 1 2 内に、隔壁 2 6 によって互いに分離された一对の吸気通路 1 2 a, 1 2 b が設けられ、各吸気通路 1 2 a, 1 2 b は対応する吸気ポート 7 に接続される。これら一对の吸気通路 1 2 a, 1 2 b のうち一方の吸気通路 1 2 a 内にスワール制御弁 2 4 b が配置されている。

## 【0 1 3 9】

このスワール制御弁 2 4 b は例えば機関低負荷運転時に閉弁され、機関高負荷運転時に開弁される。スワール制御弁 2 4 b が閉弁されると、他方の吸気通路 1 2 b のみから混合ガスが筒内に流入し、斯くして筒内にシリンダ軸線回りの旋回流が形成される。これに対し、スワール制御弁 2 4 b が開弁されると、両方の吸気通路 1 2 a, 1 2 b から混合ガスが筒内に流入し、従って筒内に十分な量の新気が供給される。

## 【0 1 4 0】

図 2 1 (C) に示される内燃機関では、各気筒の吸気枝管 1 2 の内部空間の底

部に、タンブル制御弁 24 c が配置されている。

#### 【0141】

タンブル制御弁 24 c は例えば機関低負荷運転時に閉弁され、機関高負荷運転時に開弁される。タンブル制御弁 24 c が閉弁されると、混合ガスが吸気枝管 12 の頂部内壁面に沿いつつ進行し、吸気弁 7 周りに形成される開口のうち排気弁 8 側の部分を介して筒内に流入し、排気弁 8 下方のシリンダボア内壁面に沿いつつ下降した後にピストン頂面を進行し、次いで吸気弁 7 下方のシリンダボア内壁面に沿いつつ上昇し、斯くして筒内に旋回流ないしタンブル流が筒内に形成される。これに対し、タンブル制御弁 24 c が開弁されると、吸気枝管 12 全体を介して混合ガスが筒内に流入し、従って筒内に十分な量の新気が供給される。

#### 【0142】

吸気管長制御弁 24 a、スワール制御弁 24 b、及びタンブル制御弁 24 c のように吸気管内の吸気流れを制御するものを吸気制御弁と称すると、吸気制御弁が開弁しているか閉弁しているかによって機関負荷率  $KL$  が変動しうる。

#### 【0143】

そこで図 21 に示される各内燃機関では、吸気制御弁が開弁しているときのパラメータ  $a^*$ 、 $b^*$ 、 $c^*$ 、 $e^*$ 、 $r^*$ 、 $h^*$ 、 $i^*$  を表すマップと、吸気制御弁が開弁しているときのこれらパラメータを表すマップとを予め求めて記憶しておき、吸気制御弁の状態に応じていずれかのマップからパラメータを算出するようにしている。

#### 【0144】

吸気制御弁の開度が多段階に制御される場合には、各パラメータを吸気制御弁開度の関数とすることができる。即ち、例えば  $a^*$  について説明すると、 $a^*$  は機関回転数  $NE$ 、EGR 制御弁開度  $STP$ 、及び吸気制御弁開度の関数として三次元マップの形で記憶される。他のパラメータも同様である。

#### 【0145】

従って、一般的に言うと、互いに異なる複数の吸気制御弁開度に対し、機関負荷率  $KL_{on}$ 、 $KL_{off}$  又は差  $\Delta KL$  を表す吸気管圧力  $P_m$  の一次関数式が予め求められて記憶されているということになる。

## 【0146】

このように図21に示される各内燃機関では、吸気制御弁が閉弁しているときには吸気制御弁が閉弁しているときのマップを用いて、吸気制御弁が開弁しているときには吸気制御弁が開弁しているときのマップを用いて、各パラメータが算出されるので、機関負荷率  $KL_{on}$ 、 $KL_{off}$  又は差  $\Delta KL$  を正確に算出することができる。

## 【0147】

ところが、例えば図21(B)の内燃機関についてみると、スワール制御弁24bが閉弁されたからといって直ちに旋回流が形成されるわけではなく、時間の経過と共に徐々に形成されるのである。このことは、スワール制御弁24bが閉弁から開弁に切り替えられたということで、パラメータを算出するためのマップを切り替えても、必ずしも機関負荷率  $KL_{on}$ 、 $KL_{off}$  又は差  $\Delta KL$  を正確に算出できないということを意味している。スワール制御弁が開弁されるときにも同じことが言える。

## 【0148】

そこで、切り替えられる前の吸気制御弁の状態におけるマップを用いて算出された値から、切り替えられた後の吸気制御弁の状態におけるマップを用いて算出された値まで、予め定められた変化割合でもって、各パラメータを徐々に変化させるのが好ましい。このようにすれば、吸気制御弁の切替過渡時にも、機関負荷率  $KL_{on}$ 、 $KL_{off}$  又は差  $\Delta KL$  を正確に算出できることになる。なお、吸気制御弁が閉弁から開弁に切り替えられるときの変化割合と、吸気制御弁が開弁から閉弁に切り替えられるときの変化割合とを互いに異ならせてもよい。

## 【0149】

これまで述べてきた本発明による実施例では、圧力センサ39により検出された吸気管圧力  $P_m$  から機関負荷率  $KL_{on}$ 、 $KL_{off}$  又は差  $\Delta KL$  を算出するようにしている。しかしながら、例えばスロットル開度、又はスロットル弁17上流の吸気ダクト14内に配置されたエアフローメータの出力に基づき吸気管圧力  $P_m$  を推定し、この推定された吸気管圧力  $P_m$  から機関負荷率  $KL$  を算出することもできる。或いは、例えば計算モデルを用いて吸気管圧力  $P_m$  を推定し、こ

の推定された吸気管圧力  $P_m$  から機関負荷率  $K_L$  を算出するようにしてもよい。

#### 【0150】

ここで、スロットル開度に基づいて吸気管圧力  $P_m$  を推定する場合には、吸気管圧力  $P_m$  を、スロットル開度  $T_A$  と、機関回転数  $N_E$  と、EGR制御弁開度  $S_{TP}$  との関数として予め求められ、これがマップの形で記憶される。

#### 【0151】

一方、エアフローメータの出力に基づいて吸気管圧力  $P_m$  を推定する場合、エアフローメータの検出精度などのために、推定された吸気管圧力  $P_m$  が、吸気管圧力  $P_m$  がとりうる最高圧  $P_{max}$  を越える恐れがある。ところが、 $P_m > P_{max}$  の領域では、図22(B)に示されるように、上述の式(2)で表される機関負荷率  $K_{Lon}$  が式(3)で表される機関負荷率  $K_{Loff}$  よりも大きくなっている場合があり、この場合には差  $\Delta K_L$  が負値になる。即ち、推定された吸気管圧力  $P_m$  が最高圧  $P_{max}$  を越えると、差  $\Delta K_L$  を正確に算出できなくなる恐れがある。

#### 【0152】

そこで、図22(A)に示されるように、 $P_m > P_{max}$  の領域では、差  $\Delta K_L$  を一定値  $\Delta K_{LC}$  に保持すれば、このような不具合をなくすることができる。即ち、推定された吸気管圧力  $P_m$  が最高圧  $P_{max}$  を越えたときに、差  $\Delta K_L$  を正確に算出し続けることができるのである。

#### 【0153】

##### 【発明の効果】

EGR制御弁通過ガス量を簡単にかつ正確に求めることができる。

##### 【図面の簡単な説明】

##### 【図1】

内燃機関の全体図である。

##### 【図2】

EGR制御弁通過ガス量  $m_{egr}$  を説明するための図である。

##### 【図3】

排気圧  $P_e$ 、排気温  $T_e$ 、及び  $P_e / \sqrt{T_e}$  を示す線図である。

## 【図 4】

関数  $\Phi$  ( $P_m/P_e$ ) を示す線図である。

## 【図 5】

機関負荷率  $K L o n$  と吸気管圧力  $P_m$  との関係の一例を示す線図である。

## 【図 6】

勾配  $e_1$ ,  $e_2$  を示す線図である。

## 【図 7】

接続点における吸気管圧力  $b$  を示す線図である。

## 【図 8】

接続点における機関負荷率  $r$  を示す線図である。

## 【図 9】

機関負荷率  $K L o n$  と吸気管圧力  $P_m$  との関係の一例を示す線図である。

## 【図 10】

機関負荷率  $K L o f f$  と吸気管圧力  $P_m$  との関係の一例を示す線図である。

## 【図 11】

勾配  $a_1$ ,  $a_2$  を示す線図である。

## 【図 12】

接続点における機関負荷率  $c$  を示す線図である。

## 【図 13】

差  $\Delta K L$  を説明するための線図である。

## 【図 14】

EGR 制御弁通過ガス流量  $m e g r$  の算出ルーチンを示すフローチャートである。

## 【図 15】

差  $\Delta K L$  と吸気管圧力  $P_m$  との関係の一例を示す線図である。

## 【図 16】

勾配  $h_1$ ,  $h_2$  及び接続点における差  $i$  を示す線図である。

## 【図 17】

本発明の別の実施例による、EGR 制御弁通過ガス流量  $m e g r$  の算出ルーチ

ンを示すフローチャートである。

【図 18】

EGR制御弁開度とステップ数STPとの関係を示す線図である。

【図 19】

各種補正係数を示す線図である。

【図 20】

本発明による更に別の実施例を示す内燃機関の部分図である。

【図 21】

本発明を適用可能な別の内燃機関の部分図である。

【図 22】

吸気管圧力 $P_m$ が最高圧 $P_{max}$ を越えたときの機関負荷率 $KL$ を示す線図である。

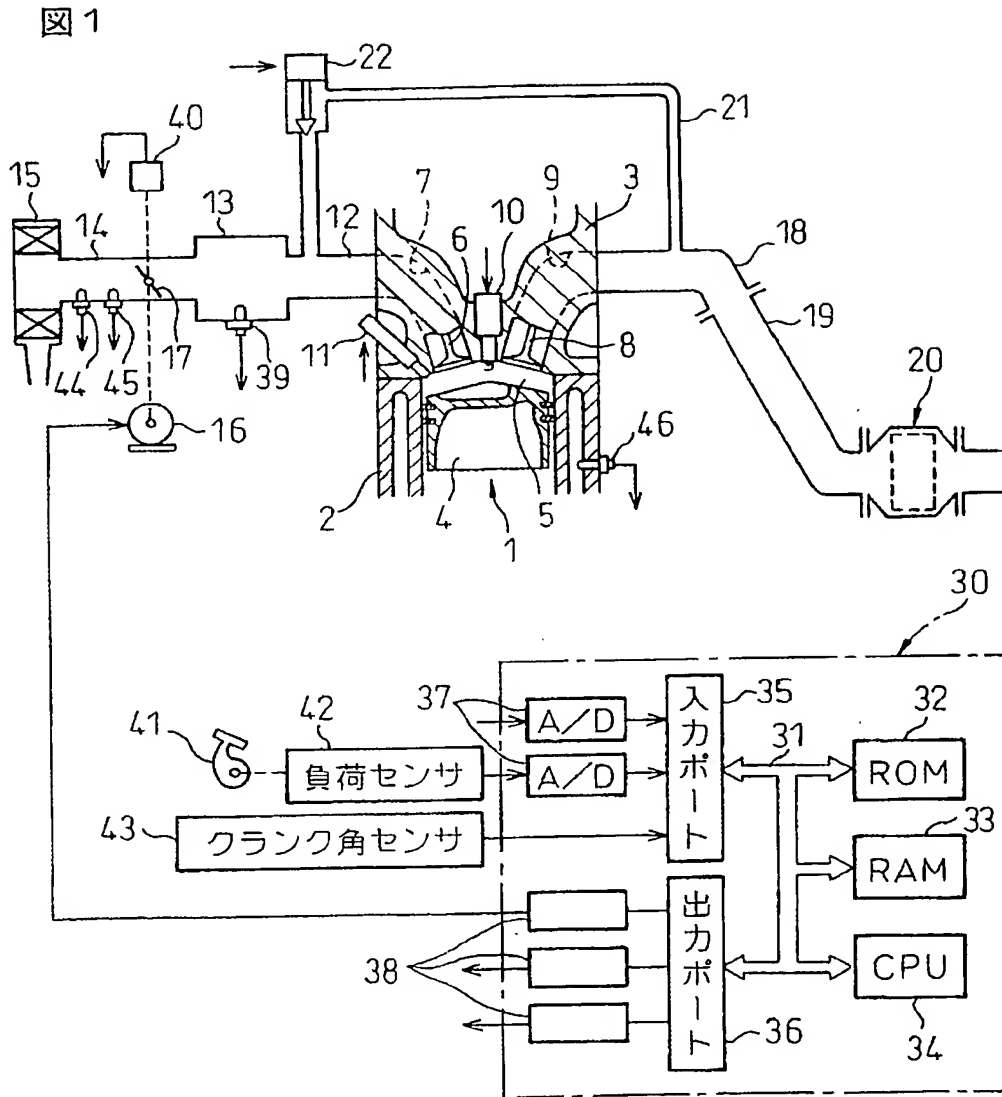
【符号の説明】

- 1…機関本体
- 12…吸気枝管
- 17…スロットル弁
- 18…排気マニホールド
- 21…EGR供給管
- 22…EGR制御弁

【書類名】

図面

【図 1】



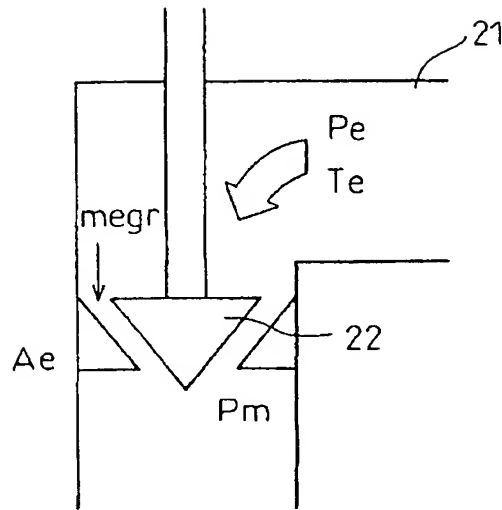
1…機関本体  
12…吸気枝管  
17…スロットル弁

21…EGR供給管  
22…EGR制御弁



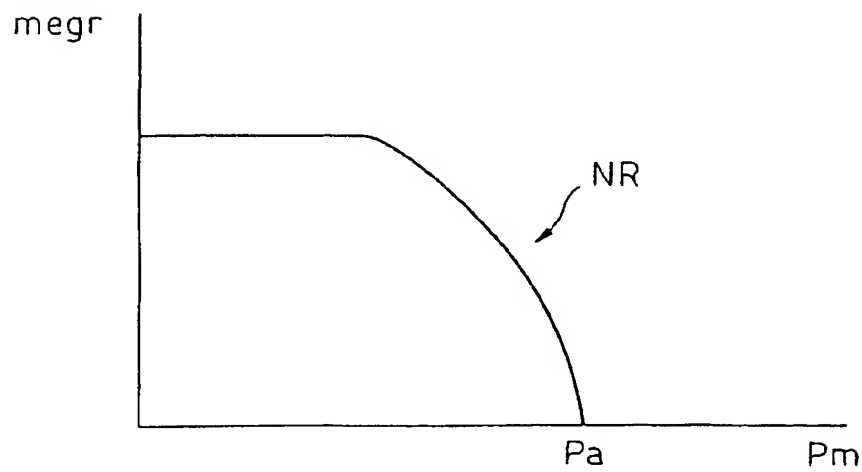
【図 2】

図 2 (A)



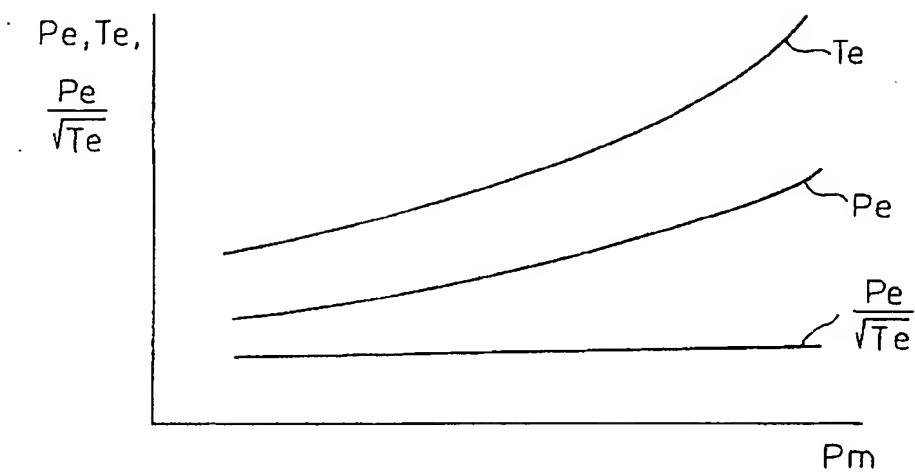
$P_e$  : 排気圧 (kPa)  
 $T_e$  : 排気温 (K)  
 $P_m$  : 吸気管内圧力 (kPa)  
 $m_{egr}$  : EGR弁通過ガス流量 (g/sec)  
 $A_e$  : EGR弁における開口断面積 ( $m^2$ )

(B)



【図 3】

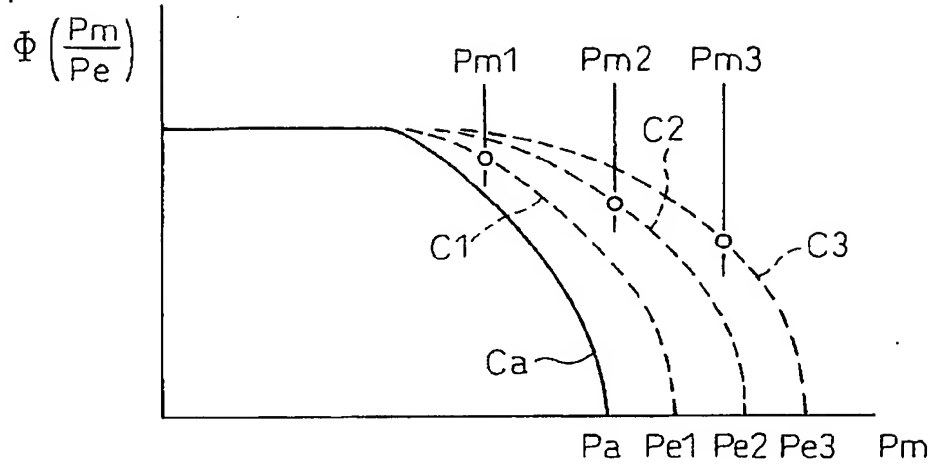
図 3



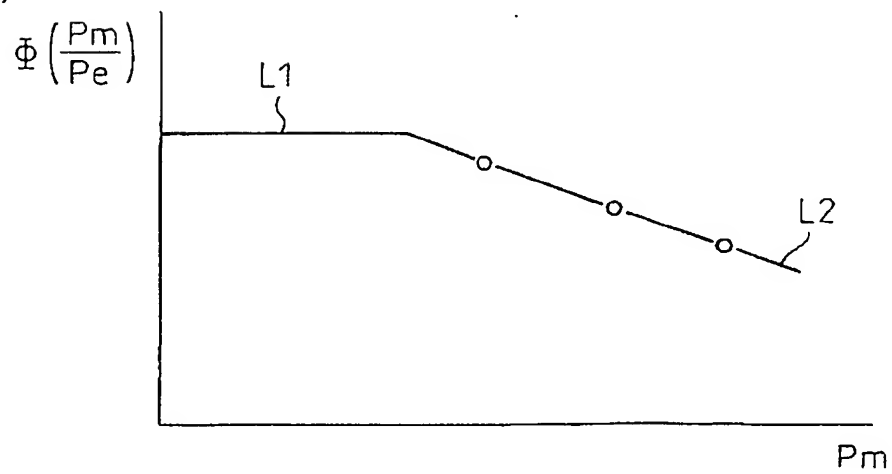
【図 4】

図 4

(A)

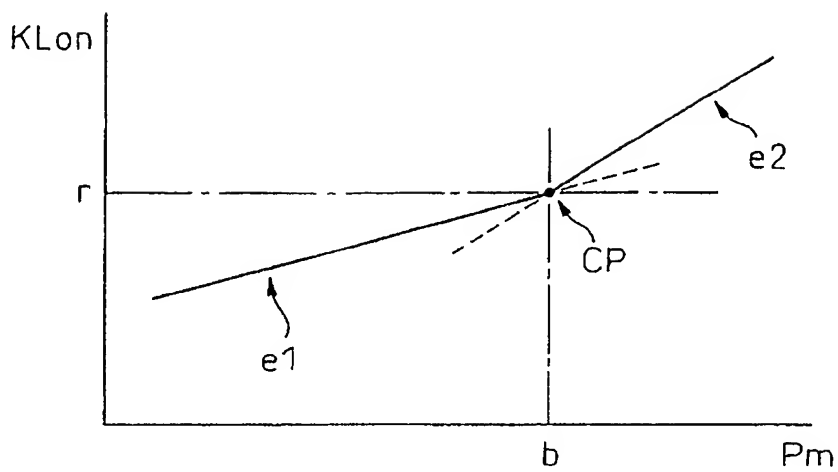


(B)

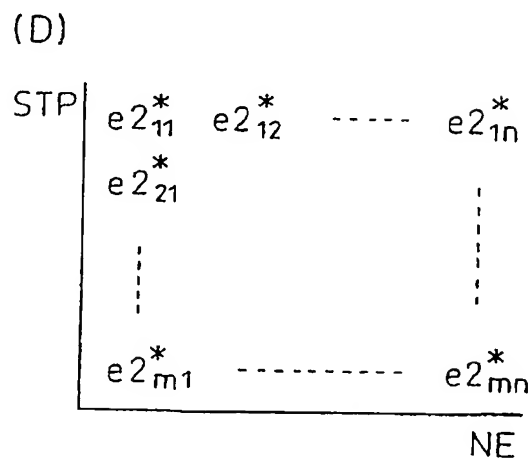
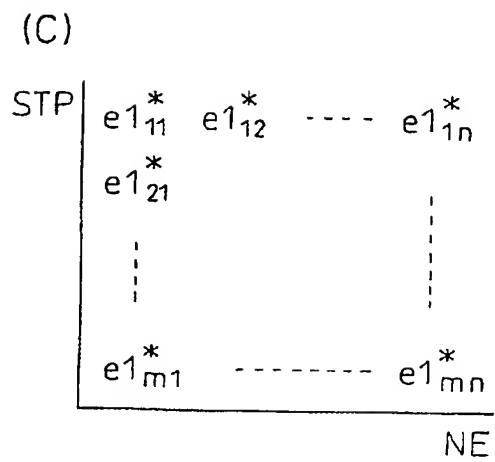
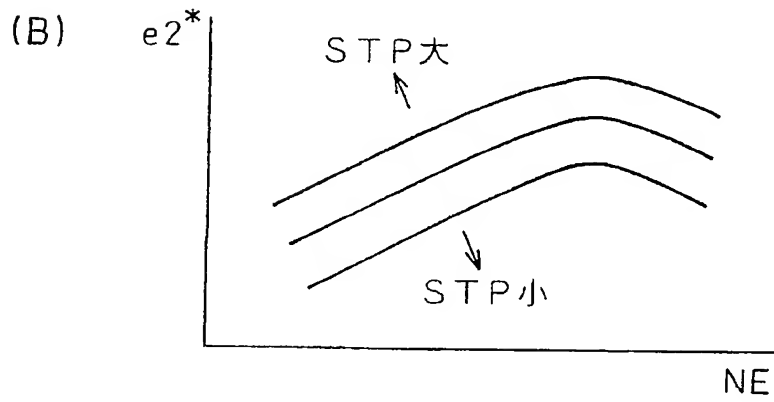
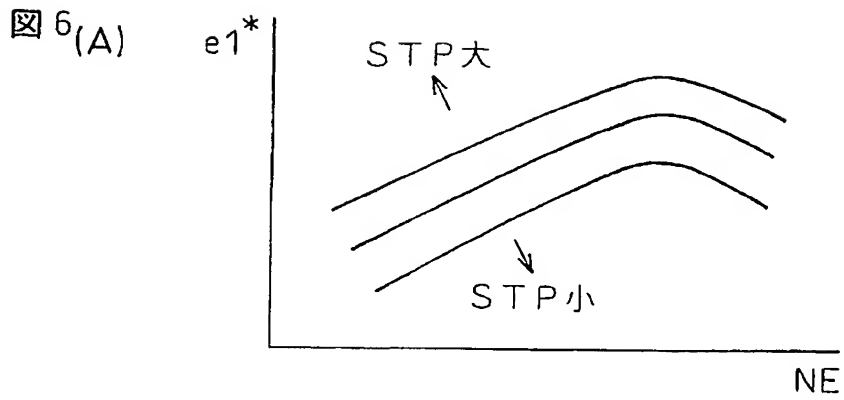


【図 5】

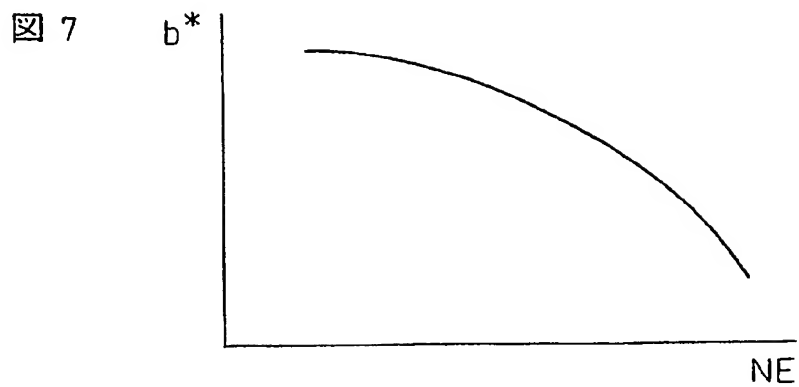
図 5



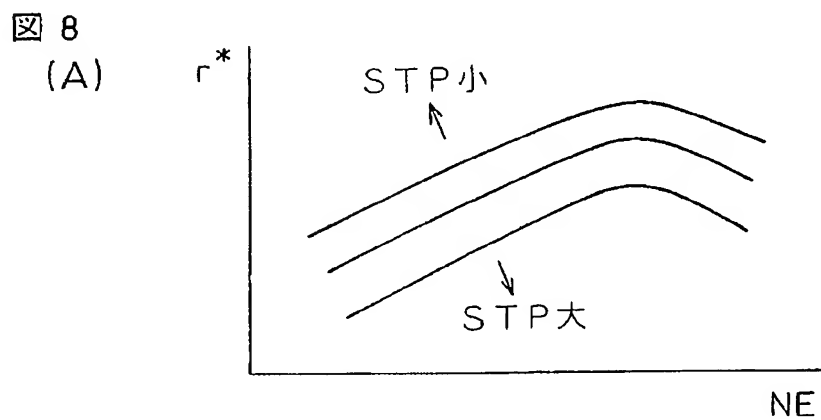
【図 6】



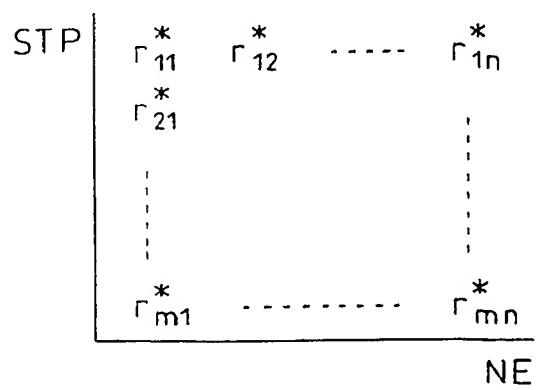
【図 7】



【図 8】

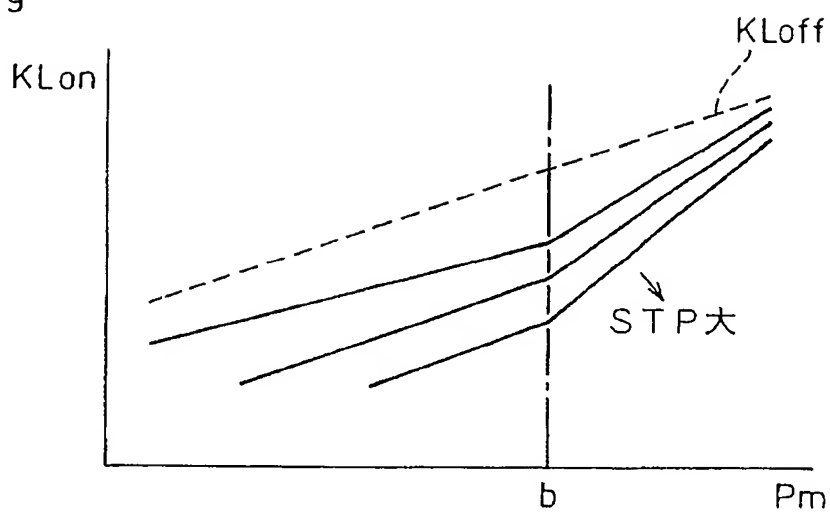


(B)



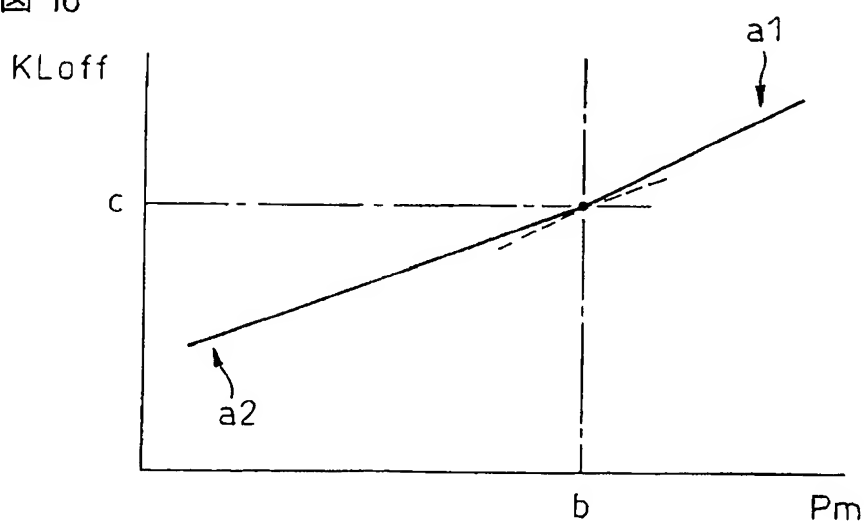
【図 9】

図 9



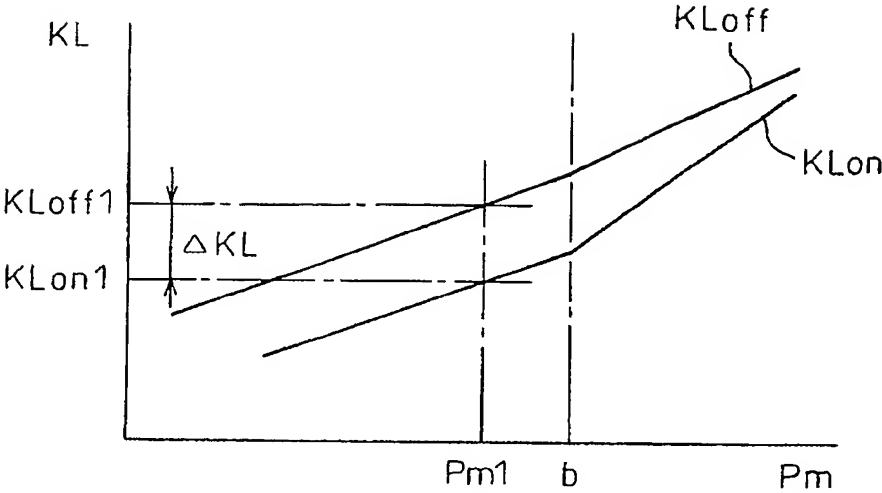
【図 10】

図 10



【図 13】

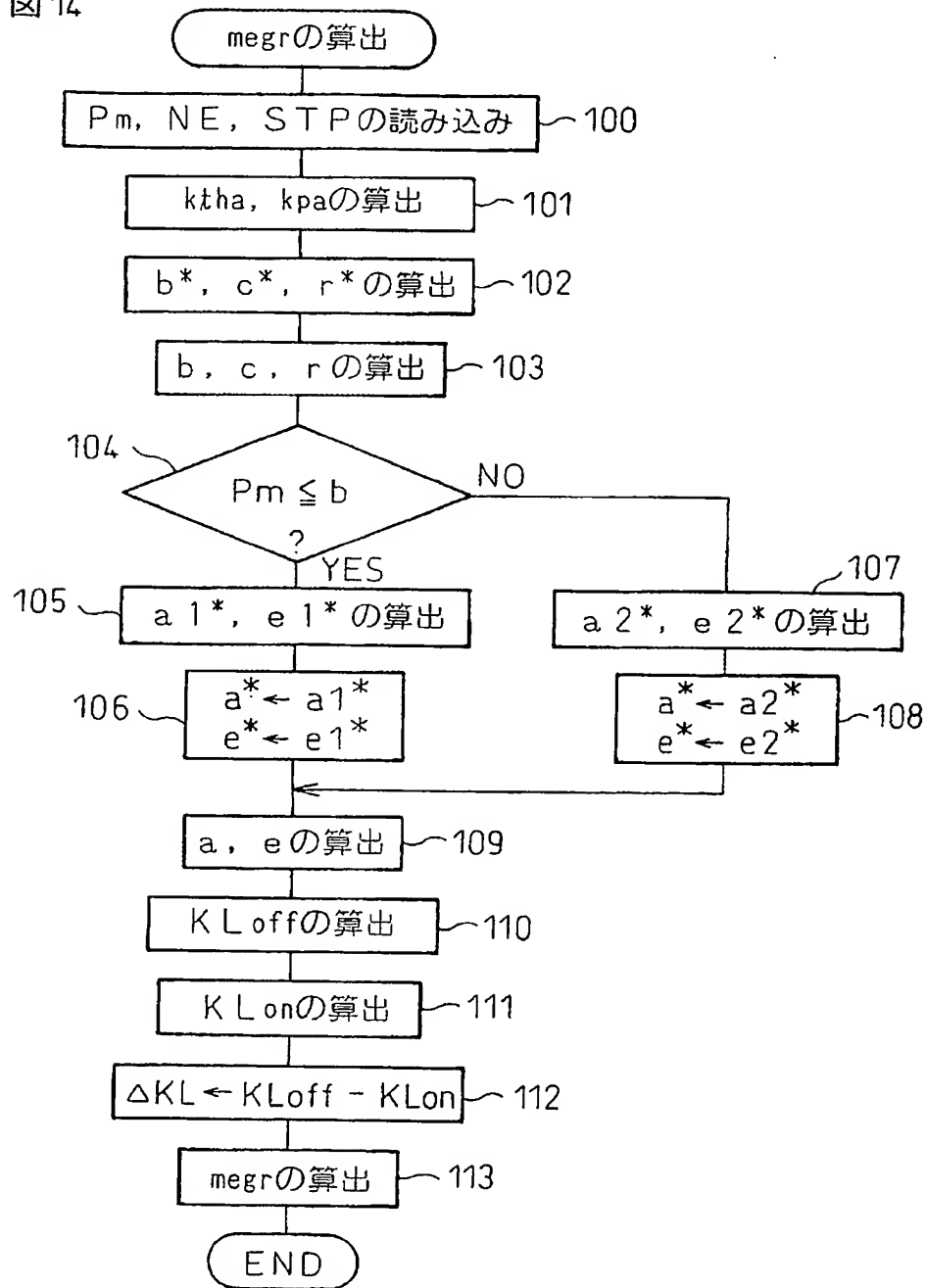
図 13





【図14】

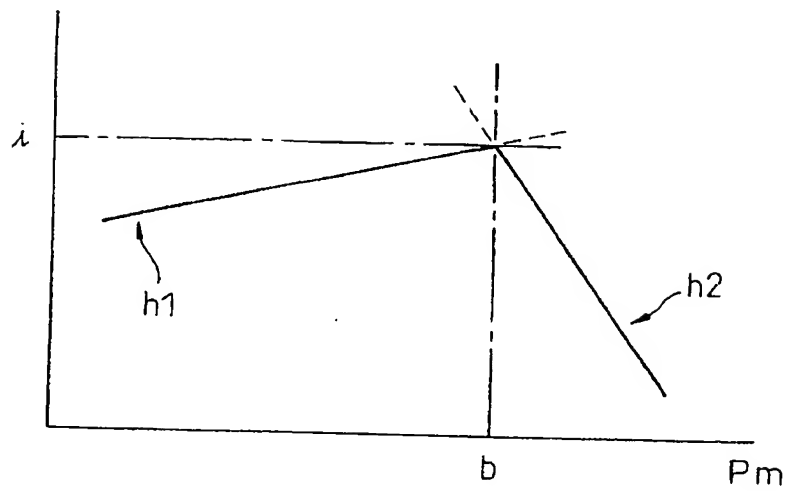
図14



【図 15】

図 15

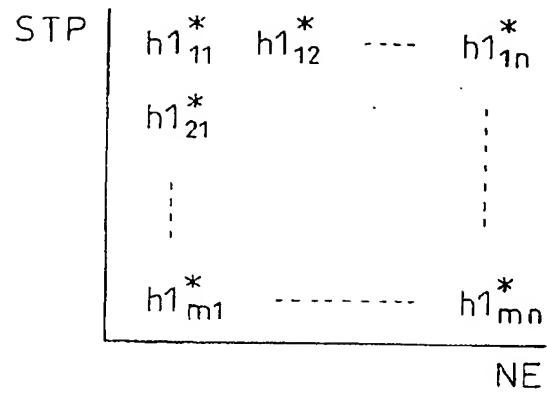
$\Delta KL$



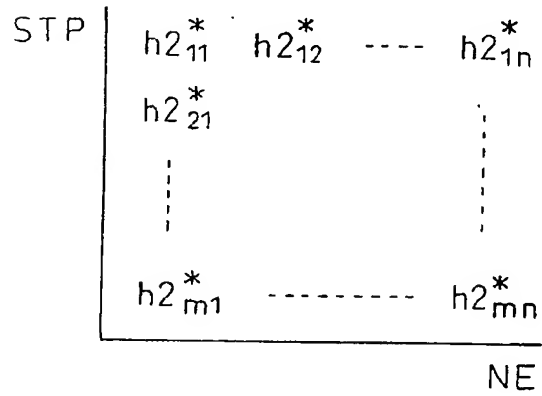
【図 16】

図 16

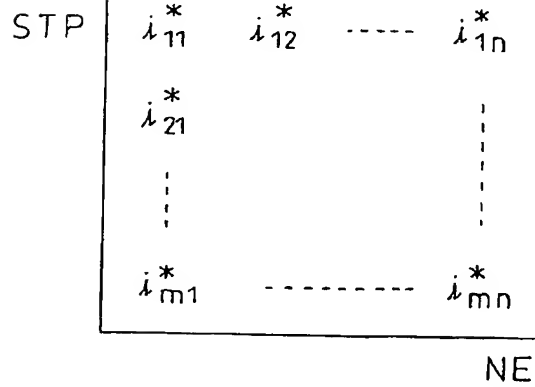
(A)



(B)

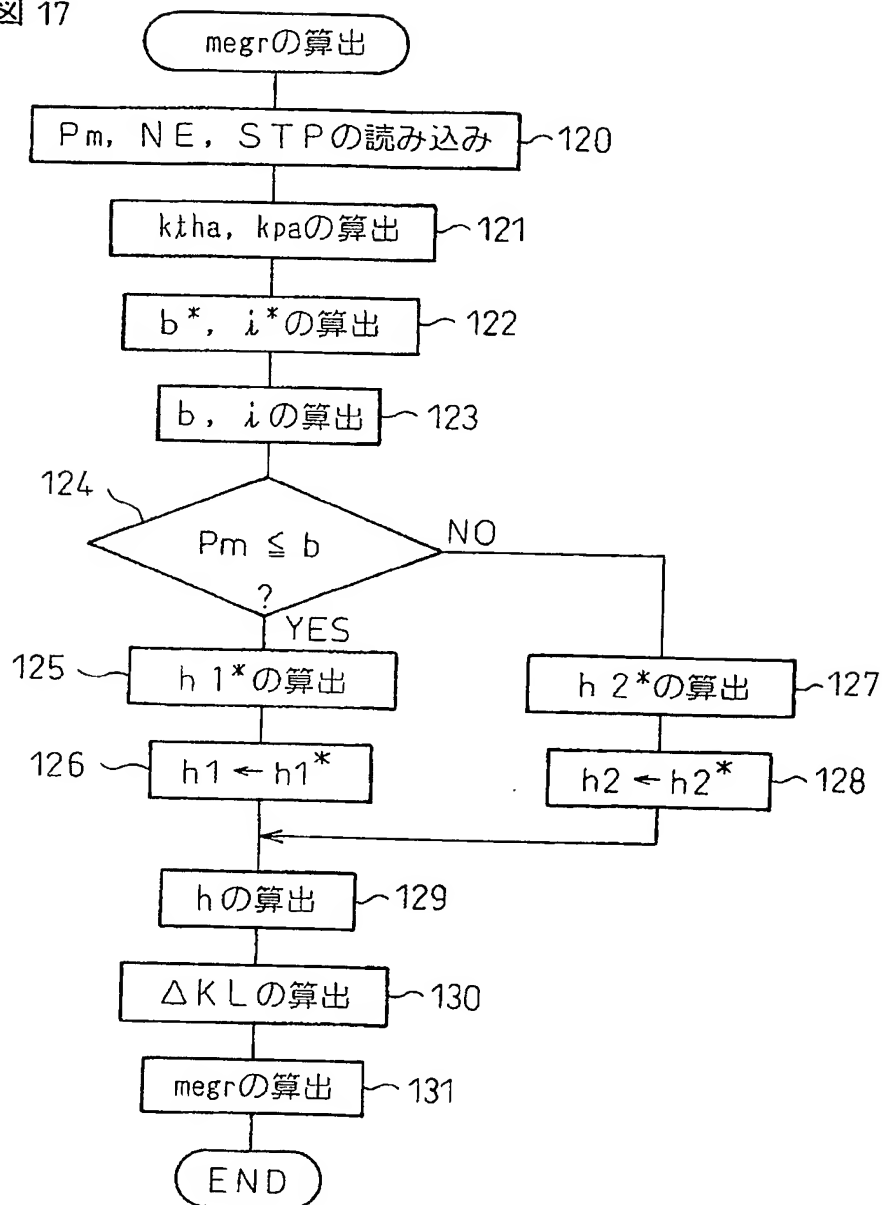


(C)



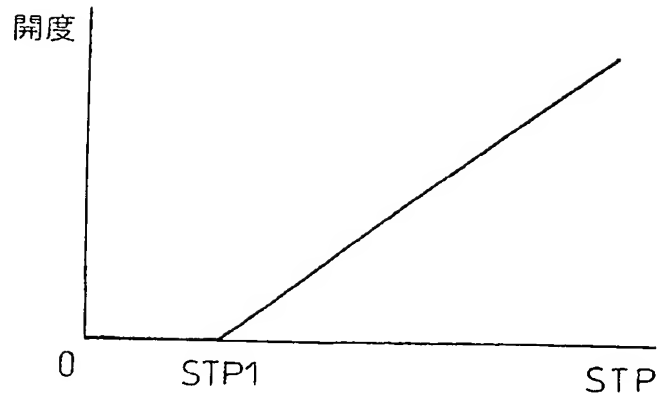
【図 17】

図 17



【図 18】

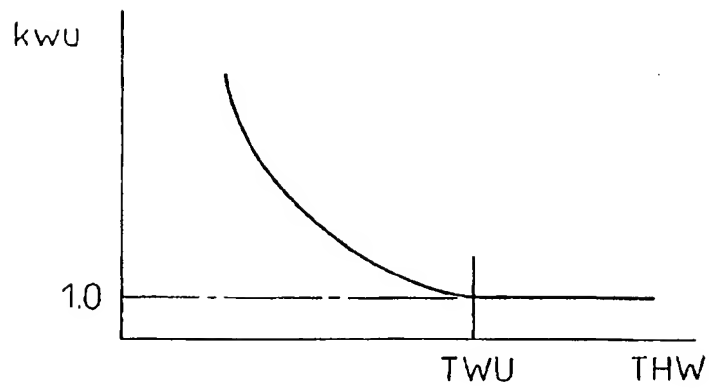
図 18



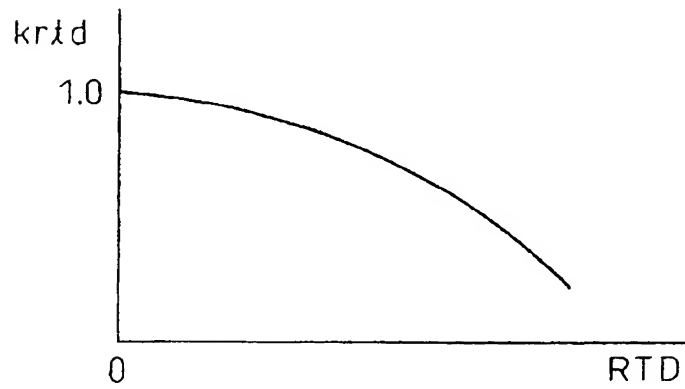
【図 19】

図 19

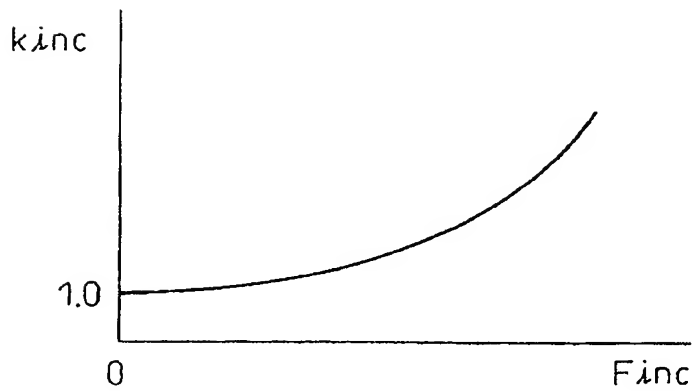
(A)



(B)

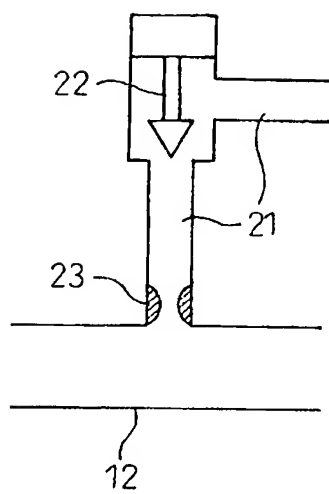


(C)



【図 20】

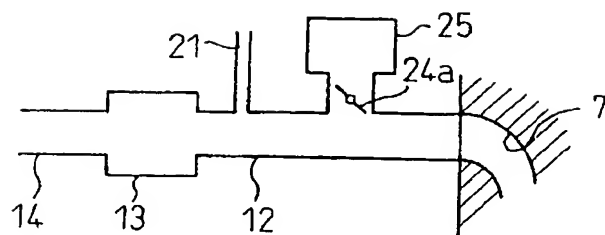
図 20



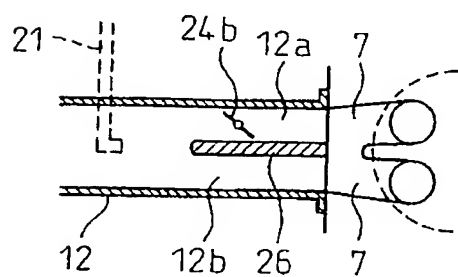
【図 21】

図 21

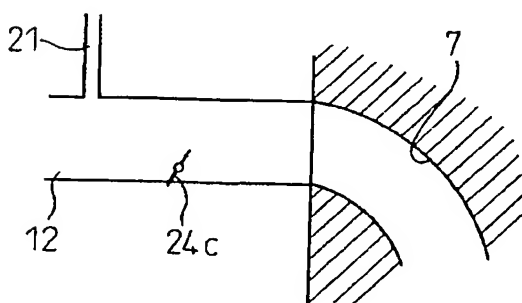
(A)



(B)



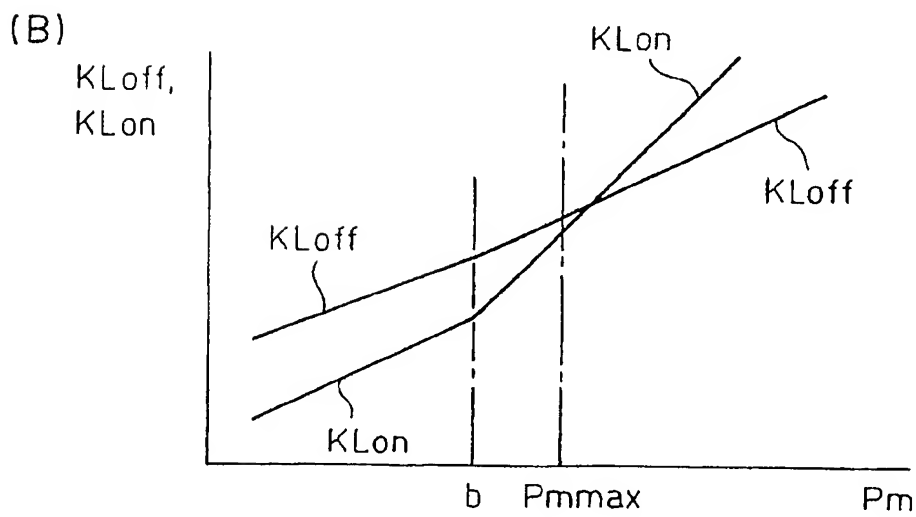
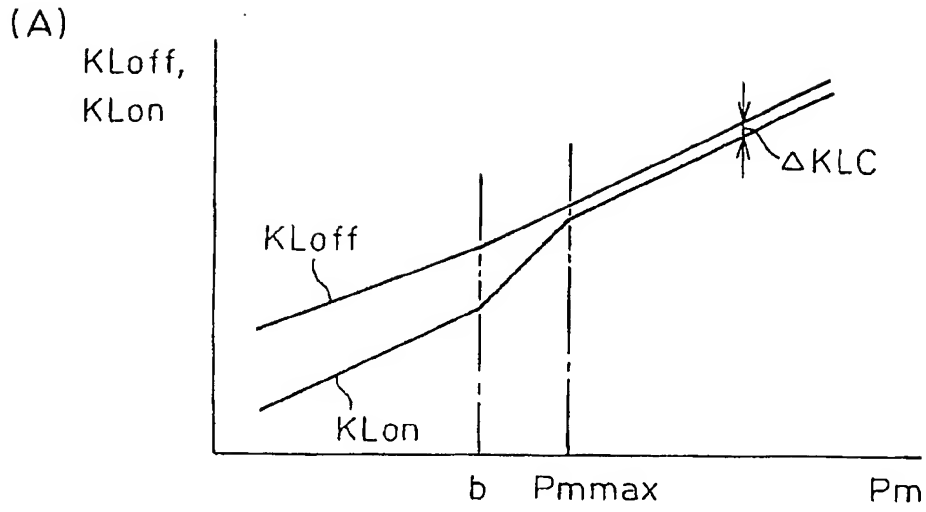
(C)





【図 22】

図 22



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 EGR制御弁通過ガス量を簡単にかつ正確に求める。

【解決手段】 スロットル弁下流の吸気管と排気管とをEGR供給管を介し互いに接続し、EGR供給管内にEGR制御弁を配置する。定常運転時でかつEGRガスが供給されていないときの機関負荷率 $KL_{off}$ 、及び定常運転時でかつEGRガスが供給されているときの機関負荷率 $KL_{on}$ をそれぞれ、吸気管圧力 $P_m$ の一次関数式により表し、記憶しておく。吸気管圧力 $P_m$ を検出し、検出された吸気管圧力 $P_m$ から前記一次関数式を用いて $KL_{off}$ 、 $KL_{on}$ を算出し、これらの差 $\Delta KL (=KL_{off} - KL_{on})$ を算出する。差 $\Delta KL$ に基づき、EGR制御弁を通過するEGRガスの量であるEGR制御弁通過ガス量を算出する。

【選択図】 図13

特願 2 0 0 2 - 3 6 5 6 3 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 3 2 0 7 ]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 7 日

[変更理由]

新規登録

住 所

愛知県豊田市トヨタ町1番地

氏 名

トヨタ自動車株式会社

# PATENT COOPERATION TREATY

# PCT

REC'D 27 OCT 2004

WIPO

PCT

## INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

(PCT Article 36 and Rule 70)

(Rationalised Report according to the Notice of the President of the EPO published in the OJ11/2001)

Applicant's or agent's file reference <b>M889-PCT</b>	<b>FOR FURTHER ACTION</b> See Notification of Transmittal of International Preliminary Examination Report (Form PCT/IPEA/416)	
International application No. <b>PCT/JP03/15660</b>	International filing date (day/month/year) <b>08/12/2003</b>	Priority date (day/month/year) <b>17/12/2002</b>
International Patent Classification (IPC) or national classification and IPC <b>F02D21/08</b>		
Applicant <b>TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA</b>		

- This international preliminary examination report has been prepared by this International Preliminary Examining Authority and is transmitted to the applicant according to Article 36.
- This REPORT consists of a total of 2 sheets, including this cover sheet.  
☐ This report is also accompanied by ANNEXES, i.e., sheets of the description, claims and/or drawings which have been amended and are the basis for this report and/or sheets containing rectifications made before this Authority (see Rule 70.16 and Section 607 of the Administrative Instructions under the PCT).

These annexes consists of a total of \_\_\_\_\_ sheets.


- This report contains indications relating to the following items:

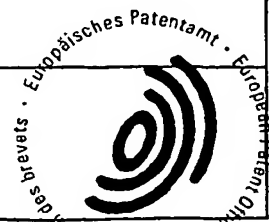
- I ☒ Basis of the report
- II ☐ Priority
- III ☐ Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability
- IV ☐ Lack of unity of invention
- V ☒ Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement
- VI ☐ Certain documents cited
- VII ☐ Certain defects in the international application
- VIII ☐ Certain observations on the international application

EPO - DG 1

10. 12. 2004



Date of submission of the demand <b>13/07/2004</b>	Date of completion of this report <b>22/10/2004</b>
Name and mailing address of the IPEA/  European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL-2280 HV Rijswijk - Netherlands Tel.: (+31-70) 340-2040 Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer <b>WOHLRAPP R G</b>  Tel. (+49-89) 2399 2828



**INTERNATIONAL PRELIMINARY  
EXAMINATION REPORT**

---

International application No. PCT/JP03/15660

**I. Basis of the report**

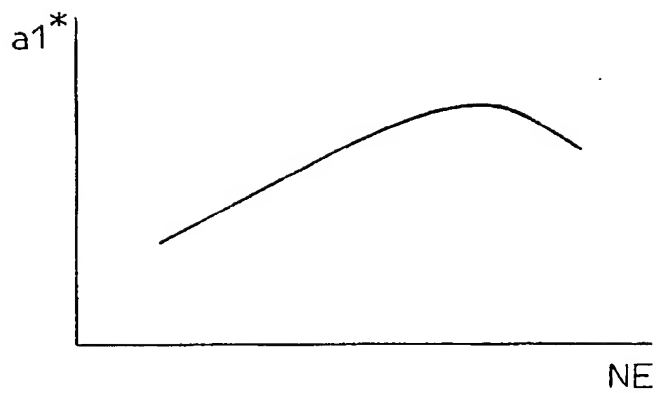
The basis of this international preliminary examination is the application as originally filed.

**IV. Reasoned statement under Rule 66.2(a)(ii) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability**

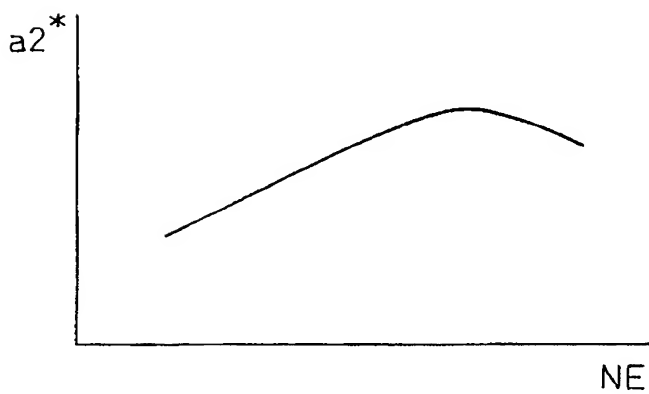
In light of the documents cited in the international search report, it is considered that the invention as defined in at least some of the claims does not appear to meet the criteria mentioned in Article 33(1) PCT, i.e. does not appear to be novel and/or to involve an inventive step (see international search report, in particular the documents cited X and/or Y and corresponding claim references).

【図 11】

図 11  
(A)



(B)



【図 12】

図 12

